

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-182510

[ST.10/C]:

[JP2002-182510]

出 願 人

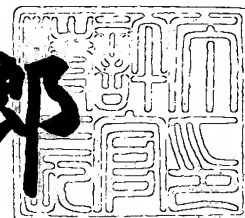
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037458

【書類名】 特許願

【整理番号】 2033830167

【提出日】 平成14年 6月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 27/00
H01L 27/14

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 生嶋 君弥

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 菰渕 寛仁

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 内田 幹也

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100110939

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100110940

【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 2 - 1 8 2 5 1 0

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006010

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子デバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下地層の上に、エッチングストッパー膜を形成する工程（a）と、

上記エッチングストッパー膜に、空洞形成用開口を形成する工程（b）と、

上記空洞形成用開口から上記下地層をエッチングすることにより、上記下地層の一部を柱又は壁として残した状態で仮空洞を形成する工程（c）と、

上記空洞形成用開口を塞ぐ化学的気相成長膜を形成する工程（d）と、

上記化学的気相成長膜の上に、センサ用膜を形成する工程（e）と、

少なくとも上記工程（d）の後で、上記化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去して、上記仮空洞を拡大してなる空洞を形成する工程（f）と

を含む電子デバイスの製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程（e）の後で、上記工程（f）の前に、上記化学的気相成長膜の上に、熱吸収用絶縁膜を形成する工程をさらに含み、

上記工程（f）は、上記熱吸収用絶縁膜を形成した工程の後で、上記熱吸収用絶縁膜、化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去するように行なわれることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の電子デバイスの製造方法において、

上記熱吸収用絶縁膜の上に保護用絶縁膜を形成する工程をさらに含み、

上記工程（f）は、上記保護用絶縁膜を形成した工程の後で、上記保護用絶縁膜、熱吸収用絶縁膜、化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去するように行なわれることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記下地層は、素子分離用絶縁膜であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 5】 請求項 1～3 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記下地層は、半導体基板の表面部であることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 6】 請求項 1～5 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程 (c) では、エッチングストッパーをエッチングマスクとするドライエッチングにより上記下地層に底付きホールを形成した後、ウェットエッチングにより上記底付きホールを拡大することにより、仮空洞を形成することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 7】 請求項 1～6 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程 (f) では、上記空洞として、内部に柱又は壁のない空洞を形成することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 8】 請求項 1～6 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程 (f) では、上記空洞の横断面積が $1000\mu\text{m}^2$ 以上の場合には、内部に横断面積が $10\mu\text{m}^2$ 以上の柱を 3 本以上 10 本以下の本数で残すことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1～8 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程 (a) では、上記エッチングストッパー膜として窒化膜を形成し、

上記工程 (d) では、上記化学的気相成長膜として酸化膜を形成することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 10】 請求項 1～9 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程 (e) では、上記センサ用膜として、熱型赤外線センサの赤外線検出

部となる抵抗体膜を形成することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 1 1】 請求項 1 ～ 9 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程（e）では、上記センサ用膜として、焦電型赤外線センサの赤外線検出部となる下部電極、容量絶縁膜及び上部電極を形成することを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 ～ 1 1 のうちいずれか 1 つに記載の電子デバイスの製造方法において、

上記工程（f）の後で、少なくとも上記センサ用膜の上方を覆い、上記センサ用膜を外部空間から遮断するためのキャップを形成する工程をさらに含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、赤外線センサ等を備えた電子デバイスの製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、半導体基板上に導電性の発熱体（赤外線検出部）を配置した赤外線撮像装置（赤外線センサ）用の半導体装置が知られている。かかる赤外線撮像装置、特に遠赤外線撮像装置用の半導体装置においては、赤外線を受けて赤外線検出部に蓄えられた熱が半導体基板に伝達されることによって、赤外線検知感度が低下することが知られている。

【0 0 0 3】

そこで、例えば特開 2 0 0 1 - 2 1 0 8 7 7 号公報に開示されているように、赤外線検出部と半導体基板本体部との間に、両者を熱的に遮断するための空間を介在させる方法が知られている。

【0 0 0 4】

図 3 1（a）～（g）は、上記公報に開示されている従来の赤外線撮像装置用の半導体装置の製造工程を示す赤外線検出部付近の断面図である。

【 0 0 0 5 】

まず、図 3 1 (a) に示す工程で、LOCOS (Local Oxidation of Silicon) 分離技術を用いて、シリコン基板 1 0 0 1 の表面部を局部的に酸化してなる LOCOS 膜 1 0 0 2 を形成する。この LOCOS 膜に代えて CVD 酸化膜なども用いられる。

【 0 0 0 6 】

次に、図 3 1 (b) に示す工程で、LOCOS 膜 1 0 0 2 及びシリコン基板 1 0 0 1 を覆うシリコン窒化膜 1 0 0 3 及びポリシリコン膜 1 0 0 4 を順次形成する。

【 0 0 0 7 】

次に、図 3 1 (c) に示す工程で、ドライエッチングを行なって、ポリシリコン膜 1 0 0 4、シリコン窒化膜 1 0 0 3 及び LOCOS 膜 1 0 0 2 を貫通して、シリコン基板 1 0 0 1 に到達するホール 1 0 0 5 を形成する。

【 0 0 0 8 】

次に、図 3 1 (d) に示す工程で、バッファードフッ酸を用いたウェットエッチングを行なって、LOCOS 膜 1 0 0 2 のうちホール 1 0 0 5 の壁面に露出している部分を後退させて、ホール 1 0 0 5 を拡大する。このとき、各ホール 1 0 0 5 同士の間には、LOCOS 膜 1 0 0 2 の残存部分である壁 1 0 0 7 が形成される。

【 0 0 0 9 】

次に、図 3 1 (e) に示す工程で、ポリシリコン膜 1 0 0 4 の表面やホール 1 0 0 5 の壁面上に薄いポリシリコン膜を堆積した後、この薄いポリシリコン膜及びポリシリコン膜 1 0 0 4 を酸化して、連続的なシリコン酸化膜 1 0 1 0 を形成する。この処理により、各ホールは塞がれて閉鎖した空間である空洞部 1 0 1 1 が形成される。

【 0 0 1 0 】

次に、図 3 1 (f) に示す工程で、熱検出部となる導体膜 1 0 1 2 を形成する。導体膜 1 0 1 2 は、例えばつづら折り状の平面形状を有しているので、図 3 1 (f) に示す導体膜 1 0 1 2 の断面形状は正確な断面形状を表しているわけでは

ない。

【0011】

このように、熱検出部である導体膜1012とシリコン基板1001との間に空洞部1011を設けることにより、熱検出部からシリコン基板への熱の伝達をできるだけ抑制することができ、赤外線検知感度の向上を図ることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、図31(f)に示すような空洞部1011を設ける構成を採る場合、最終的には壁1007をなくすことが好ましい。ところが、壁1007を除去すると、図31(f)に示す構造に至るまでに、シリコン窒化膜1003及びポリシリコン膜1004が破断されてしまうという現象がみられた。その原因は、シリコン窒化膜1003とシリコン基板1001との熱膨張率の差に起因する熱応力によるものと推定される。すなわち、ポリシリコン膜である導体膜1012にドーパされた不純物を活性するためのアニールや、図31(e)に示す工程における、ポリシリコン膜1004及びその上の薄いポリシリコン膜を熱酸化する際に、シリコン窒化膜1003やシリコン酸化膜1004に大きな熱応力が印加されるからである。

【0013】

本発明の目的は、空洞部の天井部を構成する部材の破断を抑制しつつ、センサ用膜からの熱放散を抑制することにより、検知感度、ひいては検知精度の高いセンサを備えた電子デバイスの製造方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の電子デバイスの製造方法は、下地層の上に、エッチングストッパー膜を形成する工程(a)と、上記エッチングストッパー膜に、空洞形成用開口を形成する工程(b)と、上記空洞形成用開口から上記下地層をエッチングすることにより、上記下地層の一部を柱又は壁として残した状態で仮空洞を形成する工程(c)と、上記空洞形成用開口を塞ぐ化学的気相成長膜を形成する工程(d)と、上記化学的気相成長膜の上に、センサ用膜を形成する工程(e)と、少なくとも

も上記工程（d）の後で、上記化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去して、上記仮空洞を拡大してなる空洞を形成する工程（f）とを含んでいる。

【0015】

この方法により、ステップ（c）において仮空洞を形成する際には、柱又は壁が残っているので、仮空洞の天井部が破断したり落下するのを回避することができる。そして、ステップ（d）において化学的気相成長膜によってエッチングストッパー膜が補強されてから、ステップ（f）において柱や壁の少なくとも一部が除去されて広い空洞が形成されるので、天井部の破断や落下を防止しつつ、熱コンダクタンスの小さい感度の高いセンサ用膜が得られる。しかも、ステップ（d）においては、化学的気相成長膜によってエッチングストッパーの開口を塞いでいるので、従来のように熱酸化を利用する方法に比べて、処理温度を低くすることが可能になり、よって、空洞の天井部の歪みによる破壊を抑制することができる。

【0016】

上記工程（e）の後で、上記工程（f）の前に、上記化学的気相成長膜の上に、熱吸収用絶縁膜を形成する工程をさらに含み、上記工程（f）は、上記熱吸収用絶縁膜を形成した工程の後で、上記熱吸収用絶縁膜、化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去するように行なわれることにより、より感度の高いセンサとして機能する電子デバイスが形成される。

【0017】

上記熱吸収用絶縁膜の上に保護用絶縁膜を形成する工程をさらに含み、上記工程（f）は、上記保護用絶縁膜を形成した工程の後で、上記保護用絶縁膜、熱吸収用絶縁膜、化学的気相成長膜、エッチングストッパー膜及び上記柱又は壁の少なくとも一部を除去するように行なわれることがより好ましい。

【0018】

上記下地層は、半導体基板の表面部であってもよい。

【0019】

上記工程（c）では、エッチングストッパーをエッチングマスクとするドライエッチングにより上記下地層に底付きホールを形成した後、ウェットエッチングにより上記底付きホールを拡大することにより、仮空洞を形成することにより、ウェットエッチングの等方性を利用して、仮空洞を容易に形成することができる。

【 0 0 2 0 】

上記工程（f）では、上記空洞として、内部に柱又は壁のない空洞を形成することが好ましい。

【 0 0 2 1 】

上記工程（f）では、上記空洞の横断面積が $1000\mu\text{m}^2$ 以上の場合には、内部に横断面積が $10\mu\text{m}^2$ 以上の柱を2本以上10本以下の本数で残すことにより、広い空洞が必要な場合にも、空洞の天井部の破断等を確実に防止することができる。

【 0 0 2 2 】

上記工程（a）では、上記エッチングストッパー膜として窒化膜を形成し、上記工程（d）では、上記化学的気相成長膜として酸化膜を形成することにより、高いエッチング選択比を利用して、製造工程を円滑に進めることができる。

【 0 0 2 3 】

上記工程（e）では、上記センサ用膜として、熱型赤外線センサの赤外線検出部となる抵抗膜を形成することができる。また、上記センサ用膜として、焦電型赤外線センサの赤外線検出部となる下部電極、容量絶縁膜及び上部電極を形成することもできる。

【 0 0 2 4 】

上記工程（f）の後で、少なくとも上記センサ用膜の上方を覆い、上記センサ用膜を外部空間から遮断するためのキャップを形成する工程をさらに含むことにより、センサ膜を減圧雰囲気や不活性ガス雰囲気に保持することが容易となり、高い感度を発揮することができる。

【 0 0 2 5 】

【発明の実施の形態】

(第 1 の実施形態)

まず、第 1 の実施形態の半導体装置である赤外線センサの赤外線検出部（ボロメータ）の製造方法について説明する。

【 0 0 2 6 】

図 1 (a), (b) は、それぞれ順に、第 1 の実施形態に係るボロメータの製造工程のうち空洞用絶縁膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。図 1 (a), (b) に示す工程では、シリコン基板である半導体基板 1 0 の一部に、周知の L O C O S (Local Oxidation of Silicon) 分離技術を用いて、シリコン基板 1 0 の表面部を局部的に酸化して、シリコン酸化膜（熱酸化膜）なる空洞用絶縁膜 1 1 を形成する。この空洞用絶縁膜 1 1 を形成する工程は、半導体基板 1 0 の他の部位、特に制御用回路を構成する M I S F E T 形成領域においては、各 M I S F E T 同士を区画する素子分離用絶縁膜を形成する工程と同時に行なわれる。本実施形態においては、空洞用絶縁膜 1 1 の厚みは約 0.4 ~ 1 μ m であり、面積は 30 μ m \times 30 μ m ~ 100 μ m \times 100 μ m 程度である。なお、L O C O S 法に代えて、C V D 酸化膜をトレンチに埋め込むトレンチ分離形成技術を用いてもよい。

【 0 0 2 7 】

図 2 (a), (b) は、それぞれ順に、基板上にシリコン窒化膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。図 2 (a), (b) に示す工程では、半導体基板 1 0 及び空洞用絶縁膜 1 1 の上に、C V D により、厚み 200 ~ 400 nm のシリコン窒化膜 1 2 を堆積する。この工程は、基板温度を 760 $^{\circ}$ C に保持して行なわれる。このシリコン窒化膜 1 2 は空洞を形成するためのエッチングストッパーとして機能する。

【 0 0 2 8 】

図 3 (a), (b) は、それぞれ順に、空洞形成用開口を形成する工程を示す IIIa-IIIa 線における断面図及び平面図である。図 3 (a), (b) に示す工程では、フォトリソグラフィーによって形成されたレジストマスク（図示せず）を用いたドライエッチングにより、シリコン窒化膜 1 2 及び空洞用絶縁膜 1 1 を貫通してシリコン基板 1 0 に到達する空洞形成用開口 1 5 を形成する。開口 1 5 の

大きさは、直径約 $0.3 \mu\text{m}$ である。

【0029】

図4 (a), (b), (c) は、それぞれ順に、仮空洞を形成する工程を示す IVa-IVa 線における縦断面図、平面図及び部分横断面図である。図4 (a), (b), (c) に示す工程では、バッファードフッ酸を用いたウェットエッチングを行なって、空洞用絶縁膜 11 を後退させて、空洞用絶縁膜 11 の残部である壁 11a によって囲まれる仮空洞 16x を形成する。このとき、仮空洞 16x 中には、空洞用絶縁膜 11 の残部である4本の柱 11b が形成されている。この柱 11b により、後述するように、天井部の落下などの不具合が防止される。

【0030】

図5 (a), (b) は、それぞれ順に、仮空洞をいったん塞ぐ工程を示す Va-Va 線における断面図及び平面図である。図5 (a), (b) に示す工程では、CVDにより、基板上に厚み 350 nm の TEOS からなるシリコン酸化膜 20 (化学的気相成長膜) を堆積して、仮空洞 16x の天井部であるシリコン窒化膜 12 に残っている空洞形成用開口 15 をいったん塞ぐ。このときの基板温度は、約 680°C である。つまり、ポリシリコン膜の熱酸化時の温度が約 900°C であるのに比べるとかなり低い温度である。このとき、仮空洞 16x の底面上にも底部酸化膜 20a が堆積される。

【0031】

図6 (a), (b) は、それぞれ順に、ボロメータ用抵抗体を形成する工程を示す VIa-VIa 線における断面図及び平面図である。図6 (a), (b) に示す工程では、基板上に、厚み 500 nm のポリシリコン膜を堆積した後、ポリシリコン膜をパターニングして、例えばほぼ S 字状のボロメータ用抵抗体 21 (赤外線検出部) を形成する。このとき、ボロメータ用抵抗体 21 は、仮空洞 16x 中の柱 11b の直上に位置する領域を回避して形成されている。言い換えると、ボロメータ用抵抗体 21 の直下方には柱は存在していない。

【0032】

図7 (a), (b) は、それぞれ順に、層間絶縁膜を形成する工程を示す VIIa-VIIa 線における断面図及び平面図である。図7 (a), (b) に示す工程では

、シリコン酸化膜 2 1 及びボロメータ用抵抗体 2 1 を覆う厚み約 7 0 0 n m ~ 1 μ m の B P S G (Boron Phosphorous Silicate Glass: リンボロンガラス) からなる赤外線吸収膜として機能する層間絶縁膜 2 4 を堆積する。

【 0 0 3 3 】

図 8 (a) , (b) は、それぞれ順に、ボロメータ用配線を形成する工程を示す VIIIa - VIIIa 線における断面図及び平面図である。図 8 (a) , (b) に示す工程では、フォトリソグラフィ及びドライエッチングにより、層間絶縁膜 2 4 を貫通して、ボロメータ用抵抗体 2 1 の両端部に到達する 2 つのホールを形成した後、ホールを W (タングステン) で埋めて、ボロメータ用抵抗体 2 1 の両端にそれぞれ接続される 2 つのプラグ 2 6 を形成する。さらに、層間絶縁膜 2 4 の上に、A 1 合金膜を堆積した後、A 1 合金膜をパターニングして、各プラグ 2 6 にそれぞれ接続される配線 2 5 を形成する。この配線 2 5 は、ボロメータが配置される画素部と周辺回路とを電氣的に接続するものであり、後に説明するように、赤外線検出部 (ボロメータ) の赤外線照射時と非照射時における抵抗変化から赤外線の照射・非照射又は赤外線照射量を検出する。

【 0 0 3 4 】

図 9 (a) , (b) は、それぞれ順に、パッシベーション膜を形成する工程を示す IXa - IXa 線における断面図及び平面図である。図 9 (a) , (b) に示す工程では、層間絶縁膜 2 4 及び配線 2 5 を覆うシリコン窒化膜からなるパッシベーション膜 2 7 を堆積する。パッシベーション膜 2 7 は、保護用絶縁膜であるとともに、赤外線吸収層としての役割も果たす。このとき、パッシベーション膜 2 7 (シリコン窒化膜) の成長温度は約 4 0 0 $^{\circ}$ C である。

【 0 0 3 5 】

図 1 0 (a) , (b) は、それぞれ順に、最終空洞を形成する工程を示す Xa - Xa 線における断面図及び平面図である。図 1 0 (a) , (b) に示す工程では、フォトリソグラフィ及びドライエッチングにより、パッシベーション膜 2 7 , 層間絶縁膜 2 4 , シリコン酸化膜 2 0 , シリコン窒化膜 1 2 及び仮空洞 1 6 x 内の柱を貫通するホール 2 8 を形成する。この工程により、柱が存在しない最終空洞 1 6 A が形成される。なお、最終空洞 1 6 A の底面上の底部酸化膜 2 0 a の一

部も除去される。

【 0 0 3 6 】

上記製造工程において、図 4 (a) , (b) に示す工程では、柱 1 1 b に代えて、ボロメータ用抵抗体 2 1 にオーバーラップしないような壁を設けておいて、図 1 0 (a) , (b) に示す工程で、その壁を除去してもよい。

【 0 0 3 7 】

本実施形態の製造方法によると、最終空洞 1 6 A 内には柱や壁を残さないことにより、ボロメータ用抵抗体 2 1 とシリコン基板との間の熱コンダクタンスを抑制することができ、赤外線検知感度や検知精度の向上を図ることができる。

【 0 0 3 8 】

特に、エッチングストッパーとして機能するシリコン窒化膜 1 2 の空洞形成用開口 1 5 を C V D 酸化膜によって塞ぐようにしている。従来の方法では、この開口をポリシリコンの酸化によって塞ぐようにしていたため、高温処理が必要となり、天井部の各部材に歪みを与え天井部の破壊が生じるおそれがある。また、赤外線検出部とは別にトランジスタなどを形成する場合には、その特性に悪影響を与えるおそれがあった。それに対し、本実施形態では、C V D 酸化膜によって開口を塞ぐことにより、それほど高温の処理が不要になるので、かかる不具合を回避することができる。

【 0 0 3 9 】

なお、本実施形態では、空洞形成のための下地層として、L O C O S 膜を用いたが、L O C O S 膜に代えて、S T I (Shallow Trench Isolation) などのトレンチ分離技術を用いて形成される素子分離用絶縁膜を用いてもよい。

【 0 0 4 0 】

なお、ボロメータ用抵抗体 2 1 としては、ポリシリコンだけでなく、T i , T i O , P t , V O _x などを用いることができる。これらの材料は、赤外線を受光したときの温度上昇にともなって抵抗が変化し、抵抗変化型赤外線検出部 (ボロメータ) として利用できる。

【 0 0 4 1 】

また、窒化シリコンからなるパッシベーション膜 2 7 と、B P S G からなる層

間絶縁膜 2 4 との膜厚は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上で $2\ \mu\text{m}$ 以下の範囲（例えば $1.6\ \mu\text{m}$ 前後）であることが好ましい。膜厚が $1\ \mu\text{m}$ 以上であることにより、赤外線吸収率を高く維持することができ、膜厚が $2\ \mu\text{m}$ 以下であることにより熱容量が過大になるのを防止することができる。

【 0 0 4 2 】

ここで、赤外線検出部であるボロメータを形成するためにシリコンプロセスを利用する場合、複数の工程において高温処理を行うので、ボロメータの各部を構成する材料の膨張率差（収縮率差）に応じた内部応力が発生する。このために、従来より、以下のような問題がある。

- （１）空洞の天井部を支持するための柱の本数もしくは横断面積を小さくすれば、空洞の天井部の強度が低下して製造過程で空洞が破損するおそれがある。
- （２）空洞の天井部を支持するための柱の本数もしくは横断面積を大きくすれば、赤外線検出部（ボロメータ）と、その下方の基板との間の断熱が不十分であり、センサ感度が悪くなる。

以下、上記問題を、シリコン窒化膜の成長後の引張り応力による破損を例にとって詳しく説明する。図 1 1（a）～（d）は、本実施形態に対する比較例の製造方法による赤外線センサの製造工程の不具合を説明するための斜視図である。図 1 2（a）～（c）は、本実施形態の赤外線センサの製造工程の利点を説明するための斜視図である。

【 0 0 4 3 】

図 1 1（a）に示すように、CVDにより空洞用絶縁膜の上にシリコン窒化膜を堆積した後、基板温度を常温に戻すと、基板が上方に反り、シリコン窒化膜に引張り歪みが生じる。図 1 1（a）は、図 2（a），（b）に示す工程における状態を示している。この応力の原因は、シリコン窒化膜とシリコン基板との熱膨張率（熱収縮率）の差や、成長条件に依存して生じる構造欠陥などである。このときのシリコン窒化膜の引張り応力の大きさは、ある文献（丸善株式会社 応用物理データブック p. 5 2 8）によると、例えばシリコン基板上にシリコン窒化膜を堆積した場合には $10^{-10}\ (\text{dyn}/\text{cm}^2)$ であり、一般的に非常に大きな値である。

【0044】

次に、図11(b)に示すように、ドライエッチングにより、シリコン窒化膜及び空洞用絶縁膜にホールを形成すると、シリコン窒化膜がさらに引張られる状態になる。図11(b)は、図3(a)，(b)に示す工程における状態を示している。

【0045】

次に、図11(c)に示すように、赤外線センサの感度を向上させるために、ウェットエッチングにより、柱や壁を残存させないで最終空洞を形成したとする。このとき、シリコン酸化膜からなる空洞用絶縁膜を完全に除去して、最終空洞を形成すると、シリコン窒化膜に応力が集中するためシリコン窒化膜が部分的に破断する。その結果、図11(d)に示すように、シリコン窒化膜が最終空洞内に落下するおそれがある。

【0046】

それに対し、本実施形態においては、図12(a)に示すように、図11(c)に示す工程とは異なり、図11(b)に示す状態から、ウェットエッチングにより、柱が残存している仮空洞をまず形成する(図4(a)，(b)参照)。この状態では、柱によってシリコン窒化膜が支持されているので、図11(c)，(d)に示すようなシリコン窒化膜の破断や落下を効果的に抑制することができる。

【0047】

そして、図12(b)に示すように、TEOS膜によって仮空洞の天井部を塞いだ後、層間絶縁膜及びパッシベーション膜を堆積する(図5(a)，(b)及び図6(a)，(b)参照)。この時点で、シリコン窒化膜がTEOS膜、層間絶縁膜及びパッシベーション膜によって強化された状態になる。なお、TEOS膜と層間絶縁膜との間には、ボロメータ用抵抗体が形成されているが、図12(b)においては、ボロメータ用抵抗体の図示が省略されている。

【0048】

その後、図12(c)に示すように、仮空洞の柱の除去により最終空洞を形成する(図10(a)，(b)参照)。なお、層間絶縁膜の上には、配線及びパッ

シベーション膜が形成されているが、図 1 2 (c) では、配線の図示が省略されている。

【 0 0 4 9 】

よって、本実施形態の製造方法により、エッチングストッパーであり空洞の天井部の骨格でもあるシリコン窒化膜の破断や落下を防止しつつ、検出感度及び検出精度の高い赤外線センサを形成することができる。

【 0 0 5 0 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態においても、最終空洞を形成するまでの工程は、第 1 の実施形態における図 1 (a) ～図 1 0 (b) に示すとおりである。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 (a) , (b) は、それぞれ順に、第 2 の実施形態における最終空洞を形成する工程を示すXIIIa-XIIIa線における断面図及び平面図である。図 1 3 (a) , (b) に示す工程では、フォトリソグラフィー及びドライエッチングにより、パッシベーション膜 2 7 , 層間絶縁膜 2 4 , シリコン窒化膜 1 2 及び仮空洞 1 6 x 内の側壁部 1 1 a を貫通するホール 3 0 を形成する。この工程により、柱 1 1 b が残存する一方、仮空洞 1 6 x の側壁部 1 1 a よりも狭い側壁部 1 1 c を有する、横断面積が大きい最終空洞 1 6 B が形成される。なお、最終空洞 1 6 B の底面上の底部酸化膜 2 0 a の一部も除去される。

【 0 0 5 2 】

第 1 の実施形態においては、最終空洞 1 6 A 内の柱をすべて除去している。しかし、最終空洞が非常に大きい場合には、最終空洞の天井部を構成する部材が破断や落下するおそれが生じる。そこで、本実施形態においては、柱 1 1 b を残しつつ、側壁部の一部を除去することにより、赤外線検出感度の向上と赤外線検出精度の向上とを図っている。

【 0 0 5 3 】

本実施形態においても、CVDにより、シリコン窒化膜 1 2 の空洞形成用開口を塞ぐシリコン酸化膜 2 0 を形成しているので、第 1 の実施形態と同様に、空洞の天井部に大きな熱歪みを与えることなく、工程を進めることができ、第 1 の実

施形態と同じ効果を発揮することができる。

【0054】

なお、本実施形態において、側壁部と共にすべての柱又は一部の柱を除去してもよい。

【0055】

特に、最終空洞の横断面積が $1000\mu\text{m}^2$ 以上の場合には、内部に横断面積が $10\mu\text{m}^2$ 以上の柱を2本以上10本以下の本数で残すことにより、広い空洞が必要な場合にも、空洞の天井部の破断等を確実に防止することができる。

【0056】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態の半導体装置である赤外線センサの赤外線検出部（ボロメータ）の製造方法について説明する。本実施形態では、空洞を形成するための下地層としてシリコン基板（半導体基板）を用いた例について説明する。

【0057】

図14(a), (b)は、それぞれ順に、第3の実施形態における基板上にシリコン窒化膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。図14(a), (b)に示す工程では、半導体基板40の上に、CVDにより、厚み200～400nmのシリコン窒化膜42を堆積する。この工程は、基板温度を760℃に保持して行なわれる。このシリコン窒化膜42は空洞を形成するためのエッチングストッパーとして機能する。

【0058】

図15(a), (b)は、それぞれ順に、シリコン窒化膜に開口を形成する工程を示すXVa-XVa線における断面図及び平面図である。図15(a), (b)に示す工程では、フォトリソグラフィーによって形成されたレジストマスク（図示せず）を用いたドライエッチングにより、シリコン窒化膜42に空洞形成用開口44を形成する。

【0059】

図16(a), (b)は、それぞれ順に、仮空洞を形成する工程を示すXVIa-XVIa線における縦断面図及び平面図である。図16(a), (b)に示す工程で

は、KOHやヒドラジンなどのアルカリ系エッチング液を用いたウェットエッチングにより、シリコン基板40の一部を除去して、空洞形成用開口45ごとに仮空洞46xを形成する。このとき、仮空洞46x同士の間には、シリコン基板40の残部である壁40aが存在している。

【0060】

なお、図16(b)には、同図の縦方向に並ぶ仮空洞46x同士が互いにつながり、同図の横方向に並ぶ仮空洞46x同士がつながっていない(連通していない)状態が示されている。このように、仮空洞46xは、互いに孤立していてもよいし、一部で互いにつながって(連通して)いてもよい。また、すべての仮空洞46x同士がつながっていてもよい。仮空洞46xが互いにつながっているか孤立しているかは、空洞形成用開口45の大きさ、間隔の寸法などから自由に設定することができるし、ウェットエッチングの条件のばらつきによっても変わってくる。ただし、本実施形態においては、壁40aは必ず存在しており、この時点で、内部に柱又は壁のない連続した1つの空洞が形成されることはない。この壁40aにより、天井部の落下などの不具合が防止される。

【0061】

図17(a)，(b)は、それぞれ順に、仮空洞をいったん塞ぐ工程を示すXVIIa-XVIIa線における断面図及び平面図である。図17(a)，(b)に示す工程では、CVDにより、基板上に厚み350nmのTEOSからなるシリコン酸化膜50を堆積して、仮空洞46xの天井部であるシリコン窒化膜42の空洞形成用開口45をいったん塞ぐ。このとき、仮空洞46xの底面上にも底部酸化膜50aが堆積される。

【0062】

図18(a)，(b)は、最終空洞を形成する工程を示すXVIIIa-XVIIIa線における断面図及び平面図である。図18(a)，(b)に示す工程では、フォトリソグラフィ及びドライエッチングにより、シリコン酸化膜50及び仮空洞46x間の壁40aを貫通するホール58を形成する。この工程により、シリコン基板40の残部が壁40xとして残る最終空洞46が形成される。なお、最終空洞46の底面上の底部酸化膜50aの一部も除去される。

【 0 0 6 3 】

本実施形態においては、L O C O S 膜などの絶縁膜を利用することなく、直接シリコン基板 4 0 に空洞を形成することができる。

【 0 0 6 4 】

なお、シリコン基板を直接利用する場合にも、第 1 の実施形態と同様に、内部に柱や壁が存在しない最終空洞を形成することは容易である。

【 0 0 6 5 】

また、本実施形態においても、C V D により、シリコン窒化膜 4 2 の空洞形成用開口を塞ぐシリコン酸化膜 5 0 を形成しているので、第 1 の実施形態と同様に、空洞の天井部に大きな熱歪みを与えることなく、工程を進めることができ、第 1 の実施形態と同じ効果を発揮することができる。

【 0 0 6 6 】

－ 第 3 の実施形態の変形例 －

第 3 の実施形態における最終空洞の形成に先立って、第 1，第 2 の実施形態と同様に、ボロメータ用抵抗体を形成しておくことができる（図 8（b）の一点鎖線参照）。そして、ボロメータ用抵抗体を形成した後、シリコン酸化膜 5 0 及びボロメータ用抵抗体を覆う B P S G 膜からなる層間絶縁膜や、シリコン窒化膜からなるパッシベーション膜を形成し、その後、ドライエッチングによってホール 5 8 を形成してもよい。

【 0 0 6 7 】

（第 4 の実施形態）

次に、第 1 ～ 第 3 の実施形態で説明したボロメータ用抵抗体を配置した赤外線センサの例である第 4 の実施形態について説明する。

【 0 0 6 8 】

図 1 9（a），（b）は、第 4 の実施形態に係る赤外線センサの断面図及び電気回路図である。本実施形態においては、第 3 の実施形態の変形例の構造を有する赤外線検出部を備えた赤外線センサを例にとって説明するが、第 1 ～ 第 3 の実施形態の赤外線検出部の構造を有する赤外線センサについても、本実施形態を適用することができる。

【0069】

図19(a)に示すように、本実施形態の赤外線センサは、厚みが約700 μ mのSi基板110と、Si基板110の上に設けられた抵抗素子（ボロメータ）120と、Si基板110の上に形成され、抵抗素子120への電流をオン・オフするためのスイッチングトランジスタ130と、抵抗素子120が搭載されている領域を減圧雰囲気に保持するためのキャップ体140とを備えている。この赤外線センサ全体の大きさは、数mm程度である。Si基板110の上には、つづら折り状にパターニングされた抵抗体111と、抵抗体111を支持するシリコン窒化膜112及びシリコン酸化膜113（TEOS膜）と、抵抗体111の上を覆うBPSG膜116（層間絶縁膜）及びパッシベーション膜（シリコン窒化膜）117とが設けられている。つづら折り状の抵抗体111、シリコン酸化膜113、BPSG膜116及びパッシベーション膜117の下方及び上方には、それぞれ真空中に保持された空洞部119、143が設けられ、空洞部119、143は、シリコン酸化膜113、BPSG膜116及びシリコン窒化膜112に形成された孔Hetを通じて互いにつながっている。

【0070】

抵抗体111の材質は、Ti、TiO、ポリシリコン、Ptなどがあり、いずれを用いても構わない。

【0071】

また、パッシベーション膜117のうちキャップ体140の筒部142の下方に位置する部分には軟質金属材料（アルミニウムなど）からなる環状膜118が設けられ、筒部142の先端にも軟質金属材料（アルミニウムなど）からなる環状膜144が設けられていて、両接合部118、144同士の間形成された環状接合部115により、キャップ体140とSi基板110との間に存在する空洞部143と、Si基板内部の空洞部119とが減圧雰囲気（真空状態）に保持されている。すなわち、空洞部119、143が存在することにより、抵抗体111がSi基板110と熱絶縁され、赤外線入射量による温度上昇の効率を高く維持するように構成されている。

【0072】

また、キャップ体 1 4 0 の基板部 1 4 1 は、厚み約 7 0 0 μ m のシリコン基板上に、厚み約 3 μ m の G e 層と、表面にフレネルレンズが形成された厚み約 1 μ m の S i 層とをエピタキシャル成長させた構造となっている。キャップ体 1 4 0 の筒部 1 4 2 によって深さ数 μ m 以上の空洞部が形成される。なお、窓部となる部分をエッチングなどにより薄くしてもよい。

【 0 0 7 3 】

また、スイッチングトランジスタ 1 3 0 は、ソース領域 1 3 1，ドレイン領域 1 3 2 及びゲート電極 1 3 3 を備えている。そして、ソース領域 1 3 1 がキャップ体 1 4 0 の筒部 1 4 2 の下方に形成されており、ソース領域 1 3 1 が真空状態に封止された抵抗体 1 1 1 と外部の部材との間の信号をつなぐ配線として機能するように構成されている。

【 0 0 7 4 】

なお、図 1 9 (a) には図示されていないが、S i 基板 1 1 0 の下面には、抵抗素子を冷却するためのペルチェ素子を取り付けられている。このペルチェ素子は、ショットキー接触部を通過するキャリアの移動に伴う熱の吸収作用を利用した素子であり、本実施形態においては、周知の構造を有する各種ペルチェ素子を用いることができる。

【 0 0 7 5 】

図 1 9 (b) に示すように、抵抗体 1 1 1 の一端は電源電圧 V d d を供給する配線 1 3 5 に接続され、抵抗体 1 1 1 の他端はスイッチングトランジスタ 1 3 0 のドレイン領域 1 3 2 に接続されている。また、スイッチングトランジスタ 1 3 0 のゲートには、配線 1 3 6 を介してオン・オフ切り替え用信号が入力され、スイッチングトランジスタ 1 3 0 のソースは、他端に標準抵抗が設けられた配線 1 3 8 を介して抵抗体 1 1 1 が受けた赤外線量を検知するための検出部（図示せず）に接続され、スイッチングトランジスタ 1 3 0 の基板領域は、配線 1 3 7 を介して接地電圧 V s s を供給する接地に接続されている。すなわち、赤外線量に応じて抵抗体 1 1 1 の温度が変化して抵抗値が変化すると、配線 1 3 8 の電位が変化することから、この電位の変化から赤外線量が検出される。

【 0 0 7 6 】

なお、ディスクリット型赤外線センサにおいては、ボロメータなどからの出力を増幅するオペアンプをも基板上に設けることがある。その場合、本実施形態のボロメータ、スイッチングトランジスタに加えて、オペアンプをキャップ体によって封止される領域に配置することができる。

【 0 0 7 7 】

図 2 0 (a) ～ (f) は、本実施形態の電子デバイスに用いられるキャップ体の形成方法を示す断面図である。

【 0 0 7 8 】

まず、図 2 0 (a) に示す工程で、シリコンウェハの上に Ge 層と Si 層とを順次エピタキシャル成長させてなるキャップ用ウェハ 1 5 0 を準備する。シリコンウェハの上に厚み約 $3 \mu\text{m}$ の Ge 層をエピタキシャル成長させるには、シリコンウェハの上に $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 層を Ge 成分比 x が 0 から 1 まで変化するようにエピタキシャル成長させた後、Ge 層を所定の厚みだけエピタキシャル成長させる。また、その後、Ge 層の上に $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 層を Ge 成分比 x が 1 から 0 まで変化するようにエピタキシャル成長させた後、厚み約 $1 \mu\text{m}$ の Si 層をエピタキシャル成長させる。そして、Si 層の表面に各赤外線センサに赤外線を集光させるための凸レンズとなるフレネルレンズを形成する。

【 0 0 7 9 】

そして、キャップ用ウェハ 1 5 0 のフレネルレンズが形成された面を下方にした状態で、図 2 0 (a) に示すように、キャップ用ウェハ 1 5 0 の Ge 層及び Si 層とは対向する面上に、蒸着法、スパッタリング法などにより、厚さ約 600 nm の Al 膜 1 5 1 を形成する。

【 0 0 8 0 】

次に、図 2 0 (b) に示す工程で、Al 膜 1 5 1 上にレジストパターン（図示せず）を形成し、レジストパターンをマスクとして、Al 膜 1 5 1 をエッチングし、環状膜 1 4 4 を形成する。

【 0 0 8 1 】

次に、図 2 0 (c) に示す工程で、環状膜 1 4 4 をマスク（ハードマスク）として、あるいはレジストパターンを残したままでドライエッチング（RIE）を

行なって、キャップ用ウェハ 1 5 0 に、各赤外線センサの空洞となる凹部を囲む筒部 1 4 2 を形成する。このとき、キャップ用ウェハ 1 5 0 は、シリコンウェハの残部、Ge 層、Si 層及びフレネルレンズなどを有する基板部 1 4 1 と、筒部 1 4 2 とにより構成され、筒部 1 4 2 の高さつまり凹部の深さは、数 μ m 以上である。

【 0 0 8 2 】

なお、キャップ体の作成方法として、バルク Si 基板に代えて、酸化絶縁層（例えばいわゆる BOX 層）を有する SOI 基板を用いることもできる。その場合、絶縁層と Si 基板とのエッチング選択比が高い条件で Si 基板をエッチングすることができるので、絶縁層の部分で凹部の形成を確実に停止させることが可能になる。

【 0 0 8 3 】

次に、図 2 0 (d) に示す工程で、キャップ用ウェハ 1 5 0 の基板部 1 4 1 を上に向けた状態で、ICP-RIE を用いたドライエッチングにより、キャップ用ウェハ 1 5 0 の基板部 1 4 1 に、基板部 1 4 1 を分離して各赤外線センサのキャップ体を個別に形成するための切り込み部 1 5 2 を形成する。そして、図 1 9 に示すような構造を有する本体基板 1 0 0 を準備し、本体基板 1 0 0 の上に Al からなる環状膜 1 1 8 を形成する。

【 0 0 8 4 】

次に、図 2 0 (e) に示す工程で、たとえば、第 3 の実施形態の変形例の工程を経て赤外線センサが形成された本体ウェハ 1 0 0 の上に、キャップ用ウェハ 1 5 0 を載置して、環状膜 1 1 8、1 4 4 同士を結合させることにより、図 1 9 に示すような環状接合部 1 1 5 を形成するための圧着による接合工程を行なう。

【 0 0 8 5 】

次に、図 2 0 (f) に示す工程で、キャップ用ウェハ 1 5 0 の切り込み部 1 5 2 でキャップ用ウェハを各赤外線センサごとに割るとともに、本体ウェハ 1 0 0 を各赤外線センサごとにダイシングによって切り出すことにより、Si 基板 1 1 0 とキャップ体 1 4 0 からなるディスクリット型赤外線センサが得られる。

【 0 0 8 6 】

図 2 1 は、圧着に用いられる装置の構成を概略的に示す断面図である。同図に示すように、チャンバー 1 6 0 には、圧着用の圧力を印加するための支持部材 1 6 1 と、チャンバー 1 6 0 内を真空中に保持するための広帯域ロータリーポンプ 1 6 2 と、A r を照射するための照射装置 1 6 3, 1 6 4 とが取り付けられている。そして、本体ウェハ 1 0 0 を上方に、キャップ用ウェハ 1 5 0 を下方に配置した状態で、照射装置 1 6 3, 1 6 4 から各環状膜 1 1 8, 1 4 4 (図 2 0 (d) 参照) にそれぞれ A r 原子ビームを照射する。この処理により、環状膜 1 1 8, 1 4 4 を構成する A l 表面の汚染物質や酸化膜が除去される。その後、チャンバー 1 6 0 内の真空度を 10^{-4} P a レベルに保持した状態で、常温 (例えば 3 0 °C 程度) で、0. 5 M P a ~ 2 0 M P a の圧力を両環状膜 1 1 8, 1 4 4 間に印加することにより、各環状膜 1 1 8, 1 4 4 を互いに接合する。

【 0 0 8 7 】

このとき、圧着する前に、環状膜 1 1 8, 1 4 4 を約 1 5 0 °C に加熱することにより、表面に吸着している A r の追い出しを行なってもよい。

【 0 0 8 8 】

また、A r 原子を照射する代わりに O 原子や、他の中性原子を照射しても、A l などの金属の表面にダングリングボンドを露出させることができるので、本実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 8 9 】

接合に用いる金属としては、A l の他の金属 (合金を含む) を用いることができるが、特に、融点の低い I n, C u, A u, A g, A l - C u 合金などは、常温又は常温に近い低温での接合が可能である。これらの金属は同種同士の金属を用いてもよいし、互いに異なる種類の金属同士を用いてもよい。

【 0 0 9 0 】

例えば、環状膜として I n 膜を蒸着により形成しておき、加圧すると、I n 膜の表面がつぶれて I n 膜の表面部に存在する自然酸化膜がつぶれて、I n 同士の金属結合が行なわれる。このような圧着を用いることもできる。

【 0 0 9 1 】

また、接合方法には、熱圧着だけでなく超音波接合を用いる方法や、常温で組

成変形を与えて接合する方法などがあり、いずれを用いてもよい。さらに、Si 同士の間、Si-酸化膜間、酸化膜同士の間などにおける水素結合を利用した接合も可能である。

【0092】

特に、 $10^{-2}\text{Pa} \sim 10^{-4}\text{Pa}$ 程度の真空度で接合させることにより、内部空間の真空度を高くして赤外線センサ等の機能のある程度高く維持しつつ、高真空状態を保持するための困難性を回避することができるので、実用的かつ量産に適した接合を行なうことができる。

【0093】

本実施形態によると、上記従来のデバイスのごとく、多くのセンサ、放射素子などの素子を含むセルアレイ全体を真空状態に保持するものではなく、多数の赤外線センサが形成されたウェハを用いつつ、各赤外センサを個別に真空状態に封止することができるので、ディスクリート型素子にも容易に適用することができる。

【0094】

特に、本実施形態は、電子デバイスの製造プロセス、特に、CMOS用プロセスをそのまま利用することができるので、実用に適した製造方法である。

【0095】

また、従来技術のように封止部をはんだ接合によって形成するのではなく、封止部をアルミニウムなどの軟質金属同士の接合を利用して形成するので、赤外線センサなどの素子の小型化にも適用が容易となる。

【0096】

また、本実施形態の製造工程によると、ウェハに多数のディスクリート型赤外線センサを形成する場合にも、各赤外線センサ個別にキャップ体を接合することができる。特に、図20(d)に示すように、基板部141に切り込み部152を形成することにより、各セルごとに接合部に加わる応力を均一化することができるので、接合時に局部的に大きな応力が作用せず、接続部の信頼性の向上を図ることができる。

【0097】

(第 5 の実施形態)

図 2 2 は、本発明の第 5 の実施形態に係る赤外線エリアセンサの構成を説明するための電気回路図である。本実施形態の赤外線エリアセンサの構造は、第 4 の実施形態の図 2 0 (e) に示す工程の後、キャップ体用ウェハ 1 5 0 を各赤外線検出部ごとに分割して多数のキャップ体 1 4 0 を設ける一方、本体用ウェハ 1 0 0 は多数の赤外線検出部を有している構造とすればよい。

【 0 0 9 8 】

同図に示すように、本体基板には、ボロメータ 2 0 1 とスイッチングトランジスタ 2 0 2 とを有する多数のセル A 1 ~ E 5 が行列状に配置されたセルアレイが設けられている。1 つのセルの大きさは、例えば $40\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ 程度であるが、検知する赤外線のほぼ波長の 2 倍に当たる $20\mu\text{m}$ 以上であればよい。各セルのスイッチングトランジスタ 2 0 2 のゲート電極は、縦方向走査回路 2 0 9 (V-SCAN) から延びる選択線 SEL-1 ~ SEL-5 に接続されている。各セルのボロメータ 2 0 1 の一端は電源供給ライン 2 0 5 に接続され、スイッチングトランジスタ 2 0 2 のソースは、接地から基準抵抗 $R_a \sim R_e$ を介して延びるデータライン 2 0 4 a ~ 2 0 4 e に接続されている。また、データライン 2 0 4 a ~ 2 0 4 e は、それぞれスイッチングトランジスタ $SW_a \sim SW_e$ を経て出力アンプ 2 0 6 に接続されている。各スイッチングトランジスタ $SW_a \sim SW_e$ のゲート電極には、横方向走査回路 2 0 8 (H-SCAN) から延びる信号線 2 0 7 a ~ 2 0 7 e が接続されている。

【 0 0 9 9 】

図 2 3 は、本実施形態の赤外線エリアセンサの制御方法を示すタイミングチャートである。縦方向走査回路 (V-SCAN) の制御により、選択線 SEL-1 が駆動されると、各セル A 1 ~ E 1 のスイッチングトランジスタ 2 0 2 がオンになり、ボロメータ 2 0 1 に基準抵抗 $R_a \sim R_e$ を経た電圧がそれぞれ供給される。一方、横方向走査回路 (H-SCAN) により、スイッチングトランジスタ $SW_a \sim SW_e$ が順次駆動されて、各セル A 1 ~ E 1 のデータ $Da1 \sim De1$ が出力アンプ 2 0 6 から出力される。次に、縦方向走査回路 (V-SCAN) の制御により、選択線 SEL-2 が駆動されると、横方向走査回路 (H-SCAN) の制御により、

スイッチングトランジスタ S W a ~ S W e が順次駆動されて、各セル A 2 ~ E 2 のデータ D a 2 ~ D e 2 が出力アンプ 2 0 6 から出力される。同様に、縦方向走査回路 (V - S C A N) , 横方向走査回路 (H - S C A N) の制御によって、各セル A 3 ~ E 3 のデータ D a 3 ~ D e 3、各セル A 4 ~ E 4 のデータ D a 4 ~ D e 4、各セル A 5 ~ E 5 のデータ D a 5 ~ D e 5 が出力アンプ 2 0 6 から順次出力される。

【 0 1 0 0 】

そして、各ボロメータ 2 0 1 が配置されているセルにおける赤外線の入力レベルが集計されて、検出対象に関する 2 次元の情報が得られる。

【 0 1 0 1 】

図 2 4 は、第 5 の実施形態の赤外線センサの構造を概略的に示す断面図である。

【 0 1 0 2 】

(第 6 の実施形態)

上記第 5 の実施形態においては、図 2 4 に示すように、各赤外線検出部個別にキャップ体を設けたが、本発明は、かかる実施形態に限定されるものではない。

【 0 1 0 3 】

図 2 5 は、本発明の第 6 の実施形態に係る赤外線センサの構造を示す断面図である。同図に示すように、本実施形態においては、キャップ体が 1 つの赤外線検出部を個別覆うのではなく、セルアレイの複数の赤外線検出部を覆っている。そして、環状接合部は、複数の赤外線検出部を囲んでいる。キャップ体の材質や、環状接合部を構成する材料及び形成方法は、上記第 4 の実施形態と同様である。

【 0 1 0 4 】

図 2 6 は、本発明の第 6 の実施形態の変形例に係る赤外線センサの構造を示す断面図である。同図に示すように、本実施形態においては、多数の赤外線検出部を含むセルアレイ全体をキャップ体が覆っている。そして、環状接合部は、セルアレイ全体を囲んでいる。キャップ体の材質や、環状接合部を構成する材料及び形成方法は、上記第 1 の実施形態と同様である。

【 0 1 0 5 】

本実施形態又はその変形例によると、環状接合部が、従来のはんだを利用した

ものとは異なり、金属結合又は水素結合を利用した接合、あるいは常温接合により形成されているので、抵抗素子が封入される空間の真空度を高く維持することができ、キャップ体内に封入される各種センサの検出感度のいっそうの向上や検出精度の向上を図ることができる。

【 0 1 0 6 】

上記第 4 ～第 6 の実施形態においては、キャップ体によって封止される空洞部が真空ドームである場合を想定している。その場合、空洞部内の圧力は、製造工程中の圧着による環状膜の接合の容易性を考慮すると、 $10^{-2} \text{Pa} \sim 10^{-4} \text{Pa}$ 程度が好ましいが、 10^{-4}Pa 以下で 10^{-7}Pa に達する真空雰囲気下における接合も可能である。

【 0 1 0 7 】

(第 7 の実施形態)

次に、 PbTiO_3 を用いた焦電型赤外線センサの例に関する第 7 の実施形態について説明する。図 2 7 は、本実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の構造を示す斜視図である。図 2 8 は、本実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の断面図である。図 2 9 は、本実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の平面図である。

【 0 1 0 8 】

図 2 7 ～図 2 9 に示すように、赤外線検出部 Rse は、シリコン基板 2 0 1 の上に設けられた LOCOS 膜からなる柱 2 1 0 と、柱 2 1 0 の上に CVD により形成された TEOS 膜 2 1 1 と、TEOS 膜 2 1 1 の上に CVD により形成されたシリコン窒化膜 2 1 2 と、シリコン窒化膜 2 1 2 の上に CVD により形成された TEOS 膜 2 1 3 と、TEOS 膜 2 1 3 の上にスパッタリングにより形成された Ti/Pt からなる下部電極 2 1 5 と、下部電極 2 1 5 の上に s o l - g e l 法により形成された PbTiO_3 からなる誘電体膜 2 1 8 と、誘電体膜 2 1 8 の上にスパッタリングにより形成された Pt からなる上部電極 2 1 9 と、シリコン基板 2 0 1 上の上記各部材を覆う BPSG からなる層間絶縁膜 2 2 0 と、層間絶縁膜 2 2 0 を貫通して一方の端部で下部電極 2 1 3 に接続される Al 合金からなる第 1 配線 2 2 2 a と、層間絶縁膜 2 2 0 を貫通して一方の端部で上部電極 2 1

9に接続されるA1合金からなる第2配線222bと、層間絶縁膜220を覆う窒化シリコンからなるパッシベーション膜223とを備えている。第1配線222a及び第2配線222bの各他方の端部は、シリコン基板201内に形成された第1、第2不純物拡散層230a、230bに接続されている。

【0109】

そして、赤外線検出部Rseは、層間絶縁膜220とパッシベーション膜223とからなる側壁部Rwlによって囲まれている。上記第1、第2不純物拡散層230a、230bは側壁部Rwlの下方を通して側壁部Rwlの外方まで延びている。つまり、赤外線検出部Rseに対して各不純物拡散層230a、230bを介して制御信号を供給するように構成されている。

【0110】

また、図示されていないが、図26に示す側壁部Rwlの上面には、図19に示すような環状膜が形成されており、その上にキャップ体の環状膜が接合されて、赤外線検出部Rse全体が外部から遮断されて減圧雰囲気中に保持される。

【0111】

本実施形態においても、第1の実施形態で説明した製造方法を応用して、LOCOS膜に空洞216を形成し、LOCOS膜の残部である柱210によって支持される下部電極215、誘電体膜218及び上部電極219を有する赤外線検出部Rseが得られる。

【0112】

これにより、周囲が真空雰囲気に保持されて、かつ、シリコン基板201や側壁部Rwlとの熱コンダクタンスを小さく維持することができるので、赤外線検出感度及び検出精度の高い赤外線センサが得られる。

【0113】

図30は、本実施形態の焦電型赤外線センサの制御回路を示す電気回路図である。下部電極215、誘電体膜218及び上部電極219からなるキャパシタ251の下部電極は接地に接続されている。そして、ゲートがノードN1を介して上部電極219に接続されるデプリーション型の電荷検出用トランジスタ252と、ドレインがノードN1を介して上部電極219に接続されるリセット用MI

S トランジスタ 2 5 3 と、ソースが電荷検出用トランジスタ 2 5 2 のソースに接続され、ゲートがワード線に接続されるスイッチングトランジスタ 2 5 4 と、抵抗体用トランジスタ 2 5 6 とが配置されている。

【 0 1 1 4 】

本実施形態では、赤外線を受けたときに焦電材料である PbTiO_3 膜（誘電体膜 2 1 8）に生じる分極からノード N 1 に生じる電荷を検出することにより、赤外線料を検出するように構成されている。

【 0 1 1 5 】

焦電材料としては、 PbTiO_3 の他、 ZnO 、PZT 等があり、いずれを用いてもよい。

【 0 1 1 6 】

（その他の実施形態）

本発明が適用される電子デバイスには、赤外線センサの他、圧力センサ、加速度センサ、流速センサなどがある。

【 0 1 1 7 】

赤外線センサは、ボロメータ、焦電型センサ、サーモパイルなどの熱形と、 PbS 、 InSb 、 HgCdTe などを用いた量子形とに大別される。ボロメータには、ポリシリコン、 Ti 、 TiON 、 VO_x などの抵抗変化を利用したものがある。サーモパイルには、PN 接合部に生じるゼーベック効果を利用したもの、さらには PN ダイオードなどの順方向電流の過渡特性を利用したものがある。焦電型赤外線センサには、PZT、BST、 ZnO 、 PbTiO_3 などの材料の誘電率変化を利用したものがある。量子型赤外線センサは、電子励起によって流れる電流を検出するものである。たとえば、ゼーベック効果によって赤外線を検出するクロメル・アルメル熱電対（Chromel-Alumel Thermocouple）を有する赤外センサ等がある。

【 0 1 1 8 】

これらの赤外線センサは、赤外線検出感度ひいては赤外線検出精度を高く維持するためには、赤外線検出部からの熱放散が小さいことが好ましいものである。そして、キャップ体中で真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気中に封入すると特性が

向上する特性を有している。

【0 1 1 9】

圧力センサ、加速度センサには、空気の粘性抵抗を減少させると感度が向上するので、キャップ体中で真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気に封入すると特性が向上することが知られている。

【0 1 2 0】

(感度の向上効果について)

ここで、本発明による赤外線検出感度の向上効果について説明する。

【0 1 2 1】

熱型の赤外線センサにおいては、赤外線検出部と基板との間の熱コンダクタンスが小さいほど、感度が大きくなる。従来方法においては、空洞内の壁や柱が除去されることがないため、これらの部分による熱コンダクタンスが大きくなり感度が悪くなる。

【0 1 2 2】

これに対して、本発明においては、上記各実施形態のように、熱処理と空洞上部の補強後にドライエッチを行って、柱や壁を除去しているので、天井部の破損を防止しつつ、赤外線の検出感度を向上することができる。

【0 1 2 3】

－感度の解析式－

文献 (S. Sedky, P. Fiorini, M. Caymax, C. Baeart, and R. Mertens, "Characterization of Bolometers Based on Polycrystalline Silicon Germanium Alloys," IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, VOL. 19, NO. 10, October 1998.) によると、赤外線の検出感度(responsivity) R_v は、下記式 (1)

$$R_v = dV / dQ$$

$$= (\alpha \eta / G (R_{bb} + R_{sr})^2) \times V \times R_{sr} \times R_{bb} \quad (1)$$

により表される。ここで、

Q [W] : 画素部に単位時間あたりに照射される赤外線エネルギー

V [V] : ボロメータ両端の電圧

G [W/K] : 画素部と基板部分の接続部分の熱コンダクタンス

α [/ K] : 温度変化に対するボロメータ部の抵抗変化率

η : 被写体の輻射率 (emissivity)

Rbb [Ω] : ボロメータ部の抵抗値

Rsr [Ω] : ボロメータに直列接続する負荷抵抗の抵抗値

V [V] : ボロメータおよび負荷抵抗に印加する電圧

式 (1) からわかるように、感度 R_v は熱コンダクタンス G に反比例する。

【 0 1 2 4 】

以下、本発明における感度向上率を計算するために、熱コンダクタンス G についてのみ議論する。画素部である赤外線検出部と基板との間の熱コンダクタンス G は、下記式 (2)

$$G = G_{leg} + G_{per} \quad (2)$$

のように表される。ここで、

G_{leg} [W / K] : 空洞部の柱部分の熱コンダクタンス

G_{per} [W / K] : 空洞部の横部分の熱コンダクタンス

また、真空パッケージ内でセンサを動作させる場合を考慮し、空気を介して画素部から逃げる熱を無視する。さらに、室温動作の場合を考慮し、輻射によって逃げる熱も無視する。

【 0 1 2 5 】

上記式 (2) における G_{leg} は、下記式 (3)

$$G_{leg} = g \times S_{leg} / L_{leg} \times N_{leg} \quad (3)$$

のように表される。ただし、

g [W / m K] : SiO_2 の熱コンダクティビティ (約 1 . 4)

S_{leg} [m^2] : 柱の断面積

N_{leg} : 柱の本数

L_{leg} [m] : 柱の長さ

－感度解析式における数値例－

ここで、以下の条件

条件 1 : $S_{leg} = 2 . 5 \times 10^{-11}$ [m^2]

条件 2 : $L_{leg} = 2 \times 10^{-6}$ [m] = 2 [μm]

の下に、上記式（３）を解くと、下記式（４）

$$G_{leg} = N_{leg} \times 1.75 \times 10^{-5} \quad (4)$$

が得られる。

【 0 1 2 6 】

ここで、例えば第１の実施形態と第２の実施形態とを組み合わせ、本発明においては空洞の横部分と１２本の柱部分をドライエッチによって除去する場合には、 G_{per} は０であるので、熱コンダクタンス G は、 7.00×10^{-5} となる。

【 0 1 2 7 】

一方、従来の技術では、 G_{per} は、空洞部の横部分の形状が複雑であるので単純な方法で解析できないが、シミュレーションを用いて計算できる。従来技術において、１６本の柱がある場合を想定すると、空洞上部の膜厚が $2 [\mu m]$ で上面から空洞を見たときの周囲長が $400 [\mu m]$ である場合、例えば以下のような値となる。

【 0 1 2 8 】

$$G_{per} = 5.6 \times 10^{-4} [W/K]$$

その結果、従来技術の熱コンダクタンス G は、 8.40×10^{-4} となる。

【 0 1 2 9 】

したがって、本発明の製造方法により、従来の方法に比べて、熱コンダクタンス G を、１桁程度低く（この計算例では、 $1/12$ 程度に）低減することができる。

【 0 1 3 0 】

【発明の効果】

本発明の電子デバイスの製造方法によると、空洞の天井部にセンサ用膜を設ける場合に、天井部の破断等の不具合を防止しつつ、感度高いセンサを備えた電子デバイスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a), (b) は、それぞれ順に、第１の実施形態に係るボロメータの製造工程のうち空洞用絶縁膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。

【図 2】

(a), (b) は、それぞれ順に、基板上にシリコン窒化膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。

【図 3】

(a), (b) は、それぞれ順に、空洞形成用開口を形成する工程を示すIIIa-IIIa線における断面図及び平面図である。

【図 4】

(a), (b), (c) は、それぞれ順に、仮空洞を形成する工程を示すIVa-IVa線における縦断面図、平面図及び部分横断面図である。

【図 5】

(a), (b) は、それぞれ順に、仮空洞をいったん塞ぐ工程を示すVa-Va線における断面図及び平面図である。

【図 6】

(a), (b) は、ボロメータ用抵抗体を形成する工程を示すVIa-VIa線における断面図及び平面図である。

【図 7】

(a), (b) は、それぞれ順に、層間絶縁膜を形成する工程を示すVIIa-VIIa線における断面図及び平面図である。

【図 8】

(a), (b) は、それぞれ順に、ボロメータ用配線を形成する工程を示すVIIIa-VIIIa線における断面図及び平面図である。

【図 9】

(a), (b) は、それぞれ順に、パッシベーション膜を形成する工程を示すIXa-IXa線における断面図及び平面図である。

【図 10】

(a), (b) は、それぞれ順に、最終空洞を形成する工程を示すXa-Xa線における断面図及び平面図である。

【図 11】

(a) ~ (d) は、第 1 の実施形態に対する比較例の製造方法による赤外線セ

ンサの製造工程の不具合を説明するための斜視図である。

【図 1 2】

(a) ～ (c) は、第 1 の実施形態の赤外線センサの製造工程の利点を説明するための斜視図である。

【図 1 3】

(a) , (b) は、それぞれ順に、第 2 の実施形態における最終空洞を形成する工程を示すXIIIa-XIIIa線における断面図及び平面図である。

【図 1 4】

(a) , (b) は、それぞれ順に、第 3 の実施形態における基板上にシリコン窒化膜を形成する工程を示す断面図及び平面図である。

【図 1 5】

(a) , (b) は、それぞれ順に、シリコン窒化膜に開口を形成する工程を示すXVa-XVa線における断面図及び平面図である。

【図 1 6】

(a) , (b) は、それぞれ順に、仮空洞を形成する工程を示すXVIa-XVIa線における縦断面図及び平面図である。

【図 1 7】

(a) , (b) は、それぞれ順に、仮空洞をいったん塞ぐ工程を示すXVIIa-XVIIa線における断面図及び平面図である。

【図 1 8】

(a) , (b) は、最終空洞を形成する工程を示すXVIIIa-XVIIIa線における断面図及び平面図である。

【図 1 9】

(a) , (b) は、第 4 の実施形態に係る赤外線センサの断面図及び電気回路図である。

【図 2 0】

(a) ～ (f) は、第 4 の実施形態の電子デバイスに用いられるキャップ体の形成方法を示す断面図である。

【図 2 1】

第 4 の実施形態における圧着に用いられる装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 2 2】

第 5 の実施形態に係る赤外線エリアセンサの構成を説明するための電気回路図である。

【図 2 3】

第 5 の実施形態の赤外線エリアセンサの制御方法を示すタイミングチャートである。

【図 2 4】

第 5 の実施形態の赤外線センサの構造を概略的に示す断面図である。

【図 2 5】

第 6 の実施形態の赤外線センサの構造を概略的に示す断面図である。

【図 2 6】

第 6 の実施形態の変形例の赤外線センサの構造を概略的に示す断面図である。

【図 2 7】

第 7 の実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の構造を示す斜視図である。

【図 2 8】

第 7 の実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の断面図である。

【図 2 9】

第 7 の実施形態に係る焦電型赤外線センサの赤外線検出部の平面図である。

【図 3 0】

第 7 の実施形態の焦電型赤外線センサの制御回路を示す電気回路図である。

【図 3 1】

(a) ～ (g) は、公報に開示されている従来の赤外線撮像装置用の半導体装置の製造工程を示す赤外線検出部付近の断面図である。

【符号の説明】

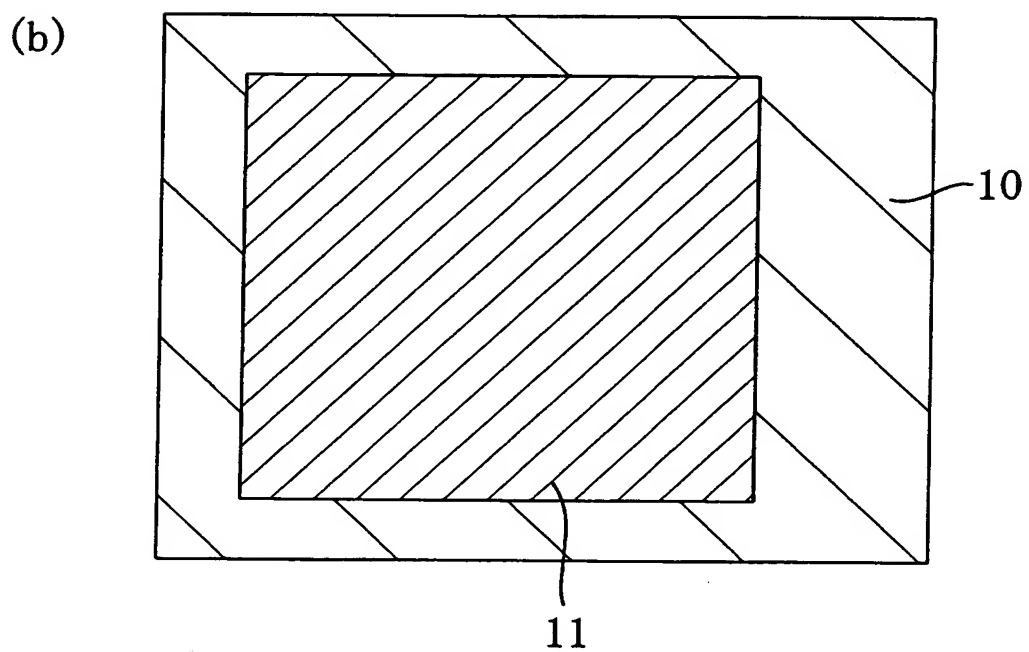
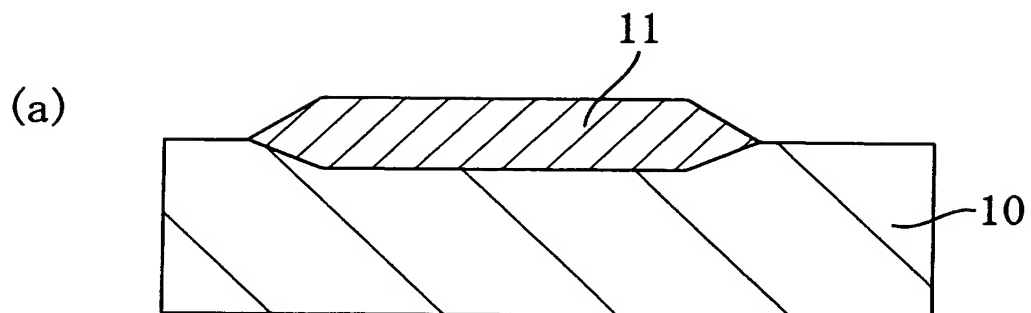
1 0 シリコン基板

1 1 空洞形成用絶縁膜（下地層）

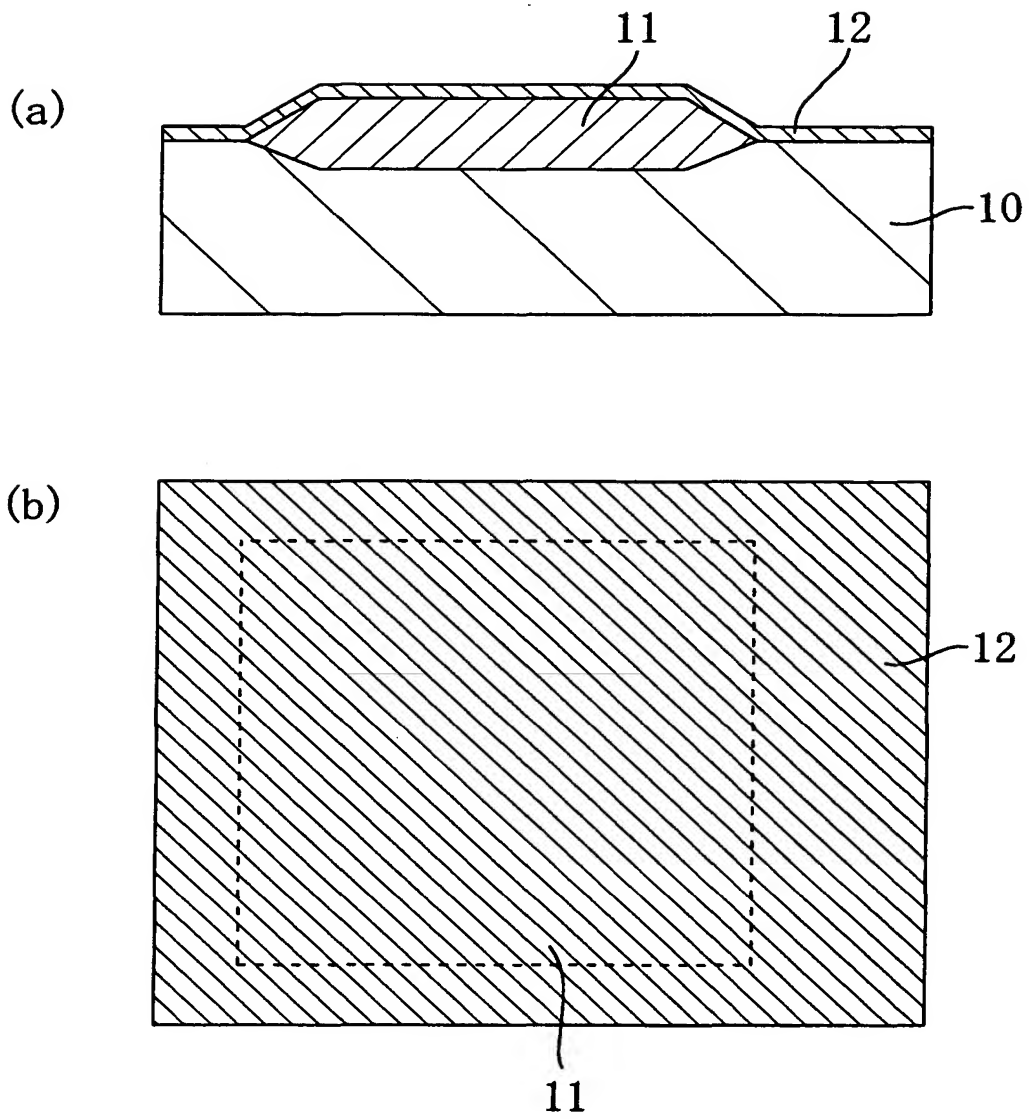
- 1 1 a 側壁部
- 1 1 b 柱
- 1 2 シリコン窒化膜（エッチングストッパー膜）
- 1 5 空洞形成用開口
- 1 6 x 仮空洞
- 1 6 A 最終空洞
- 2 0 シリコン酸化膜（化学的気相成長膜）
- 2 1 ボロメータ用抵抗体（センサ用膜）
- 2 4 層間絶縁膜（熱吸収膜）
- 2 5 配線
- 2 6 プラグ

【書類名】 図面

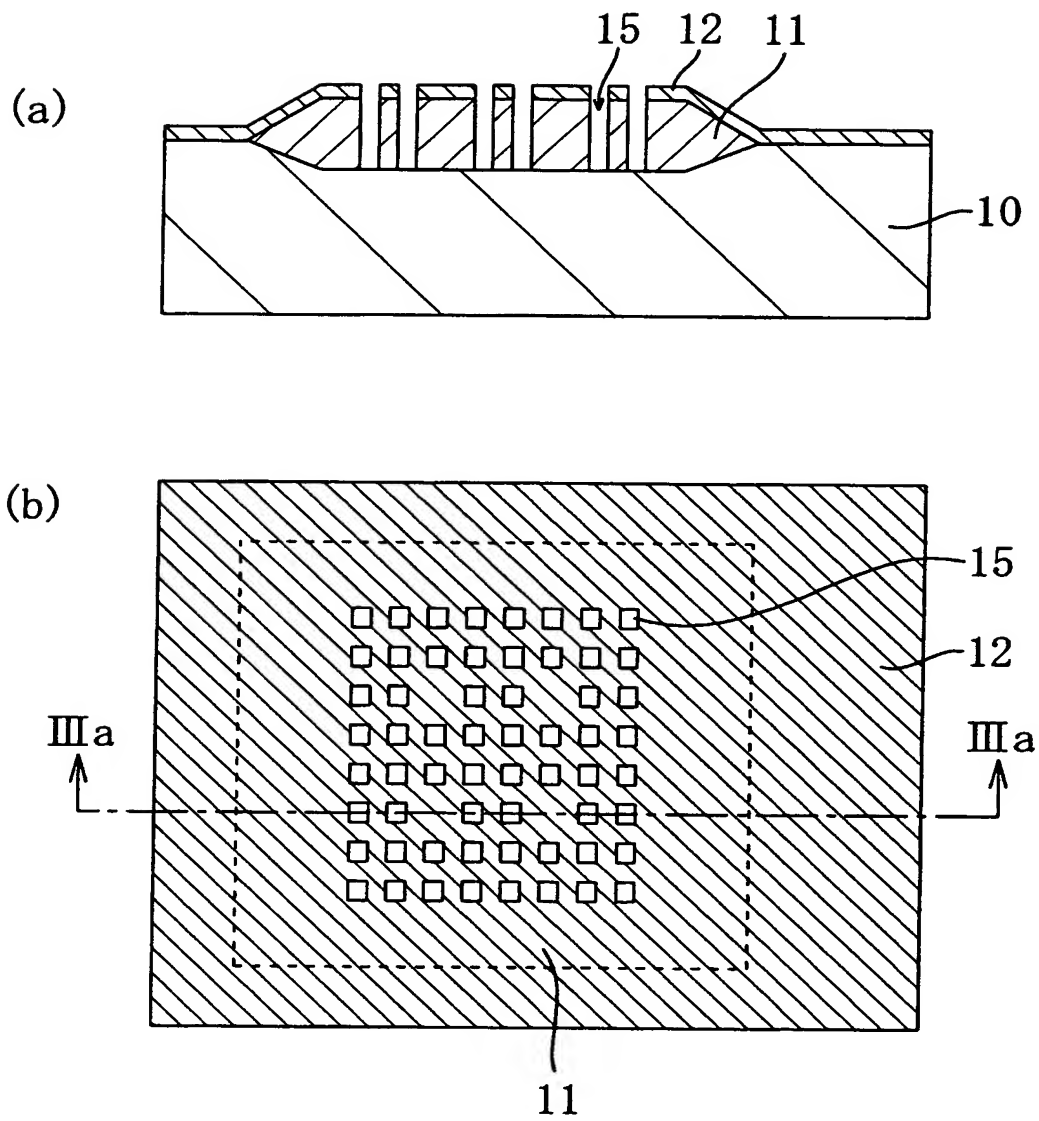
【図 1】



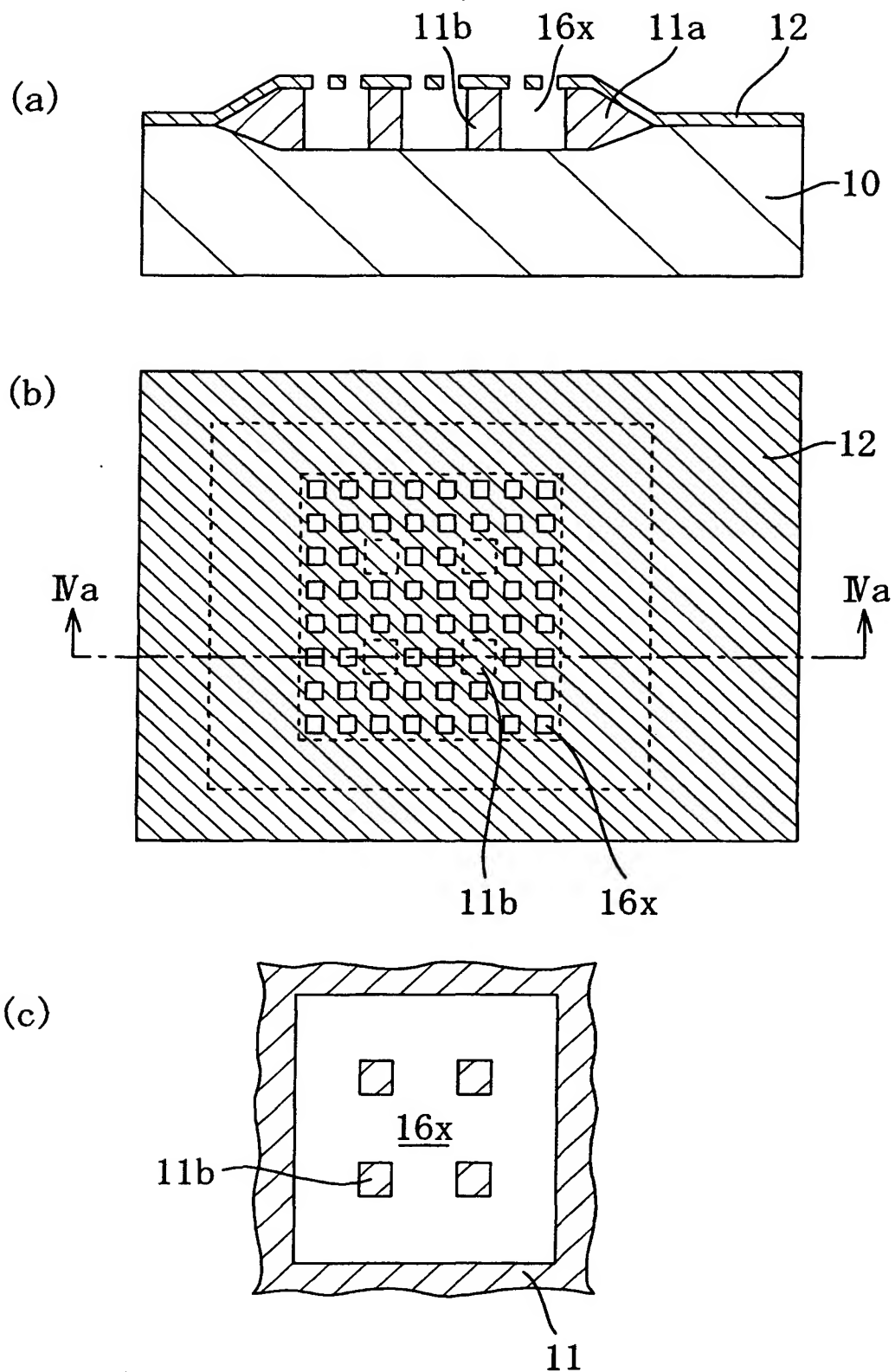
【図 2】



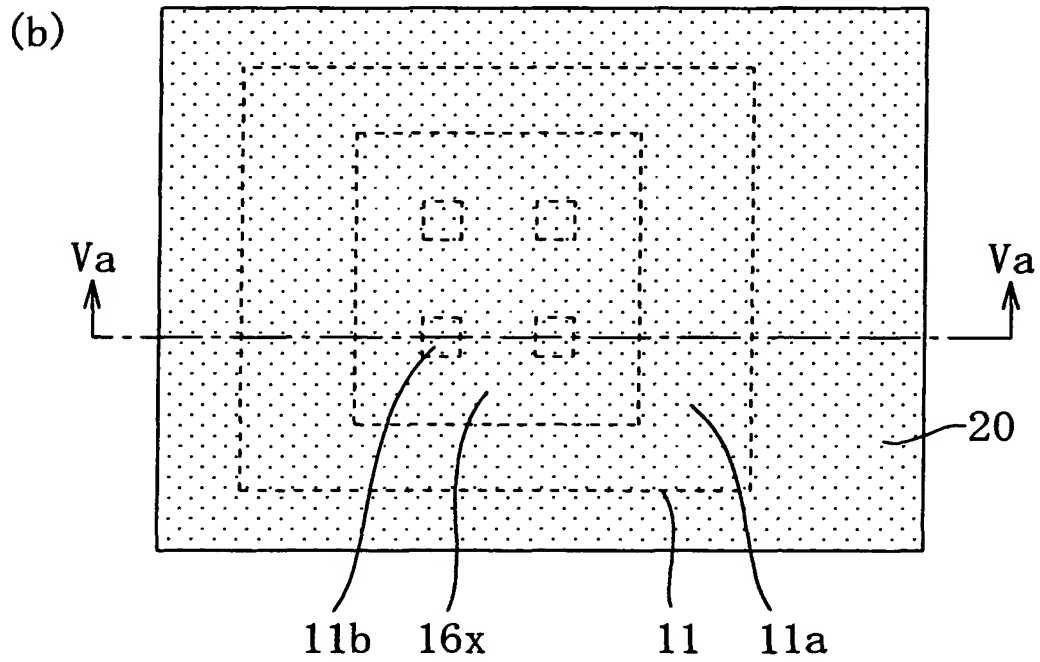
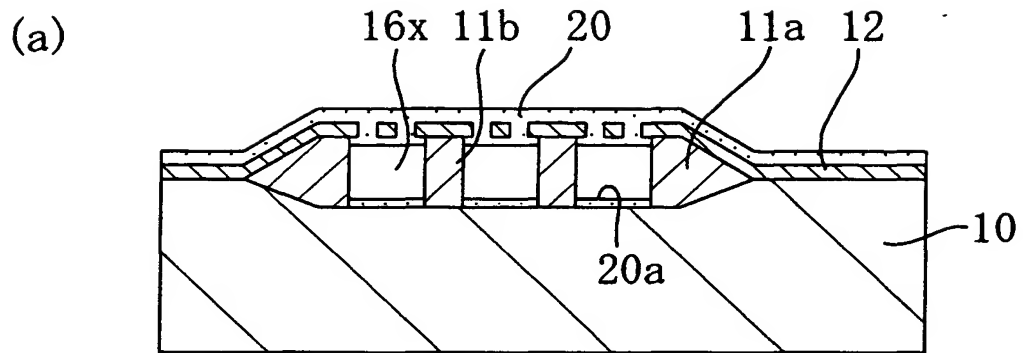
【図 3】



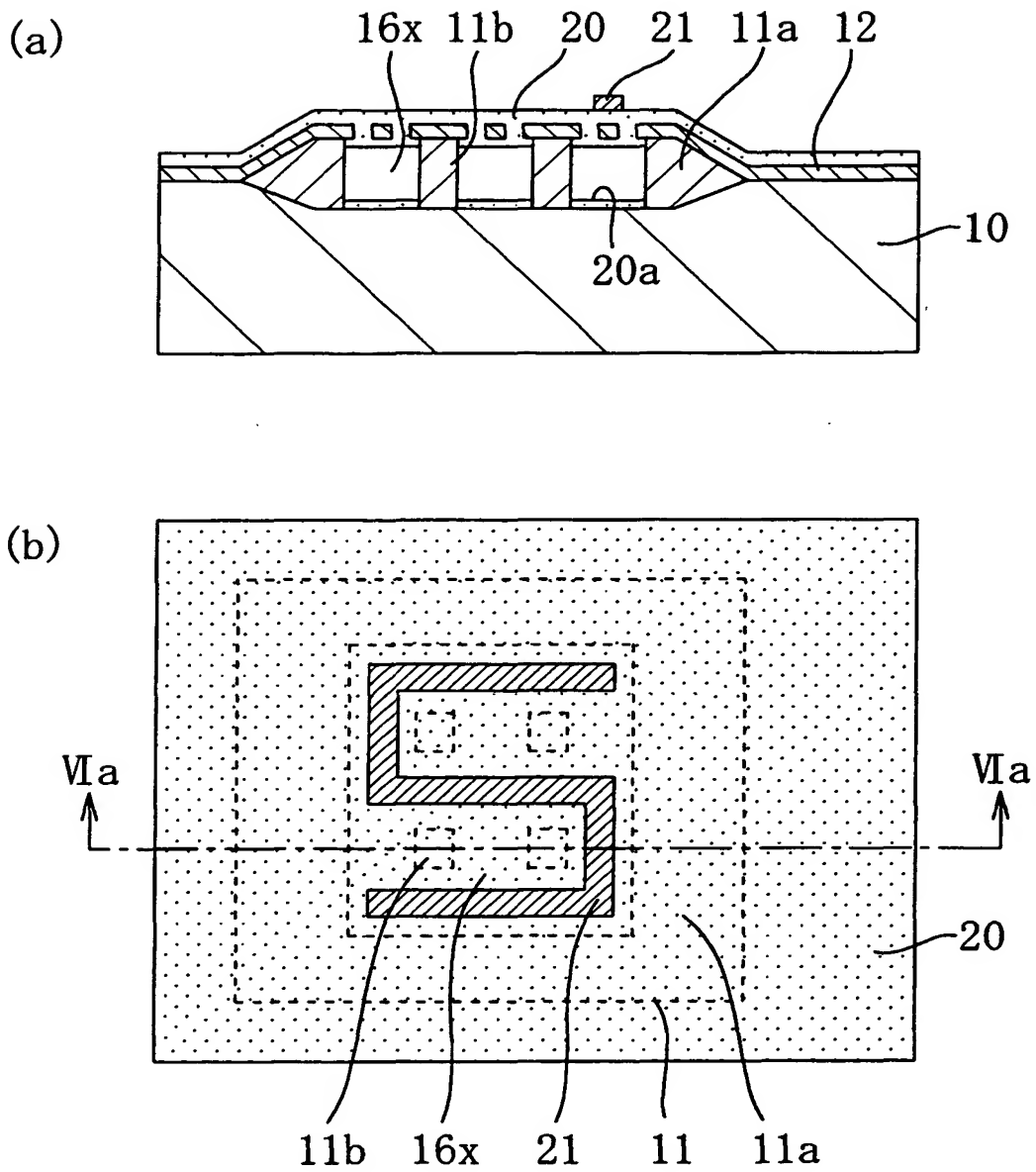
【図 4】



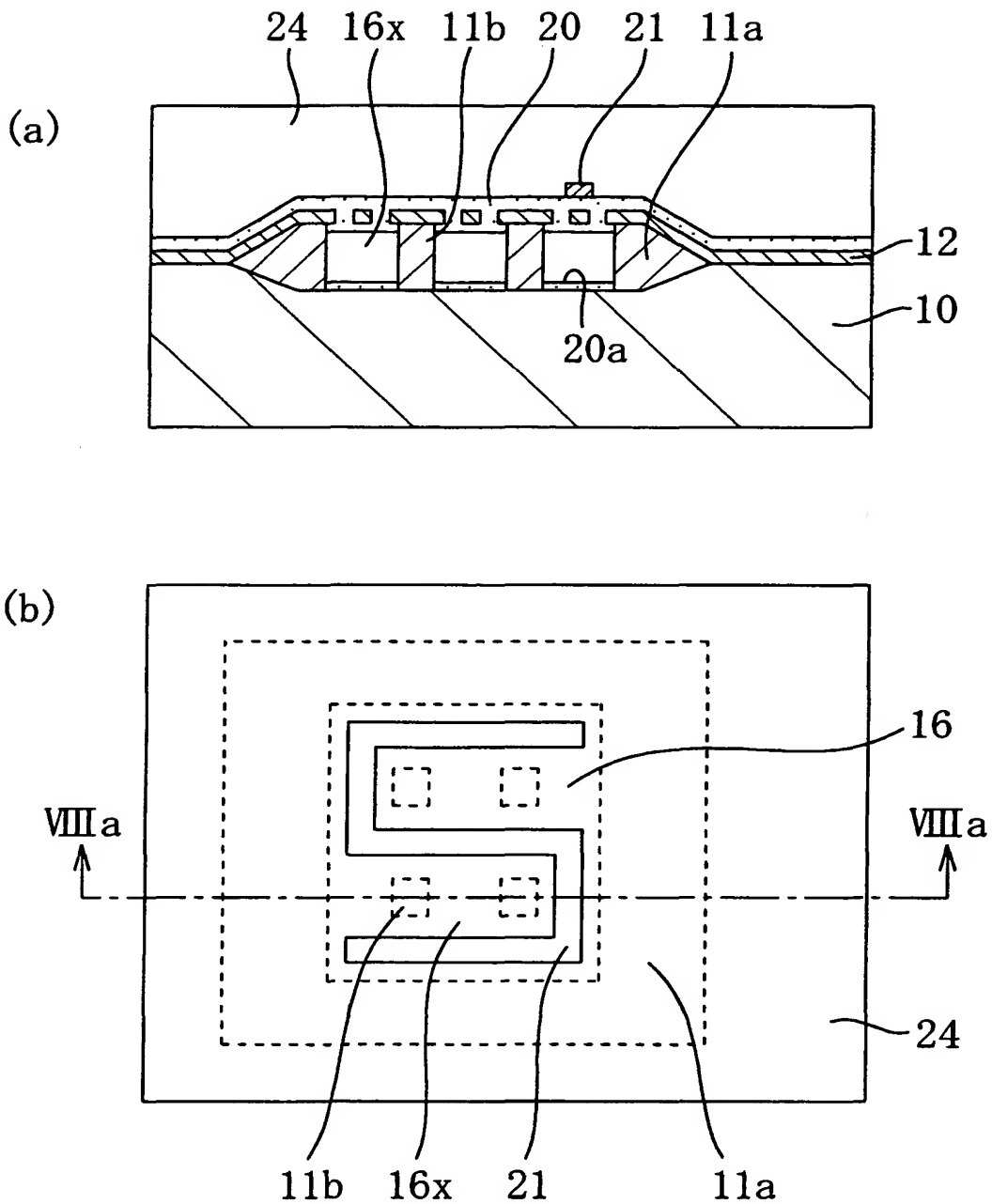
【図5】



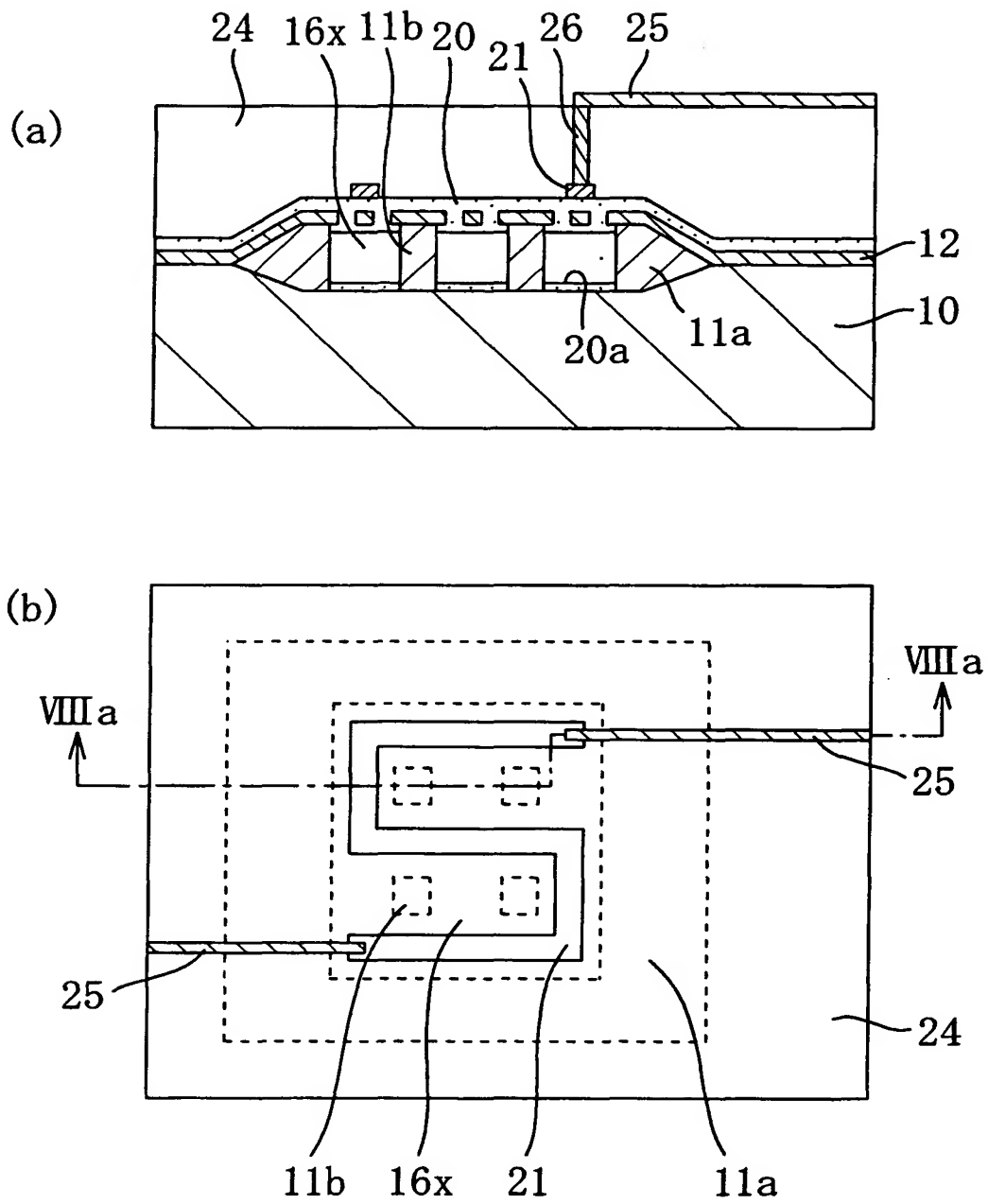
【図 6】



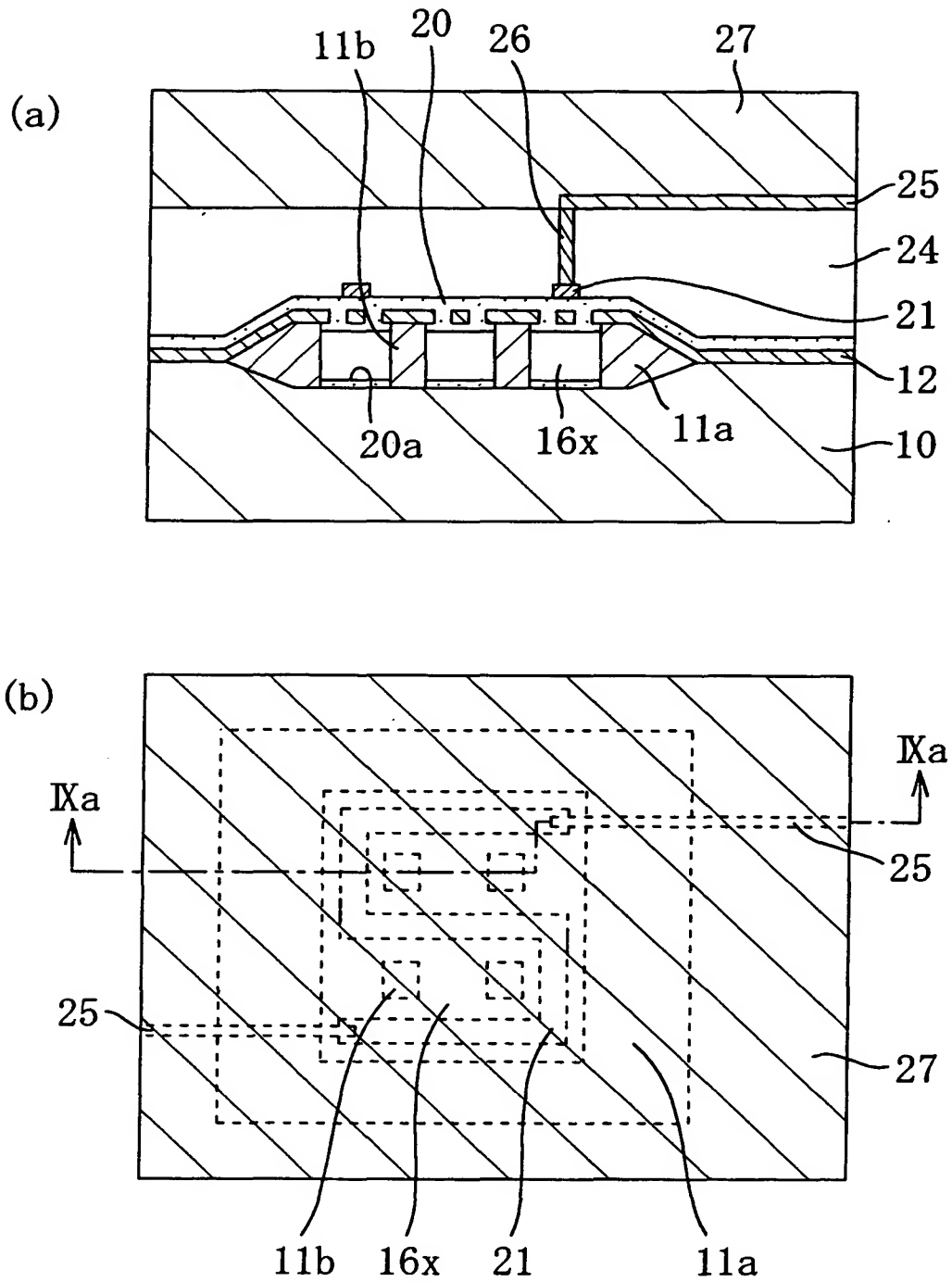
【図 7】



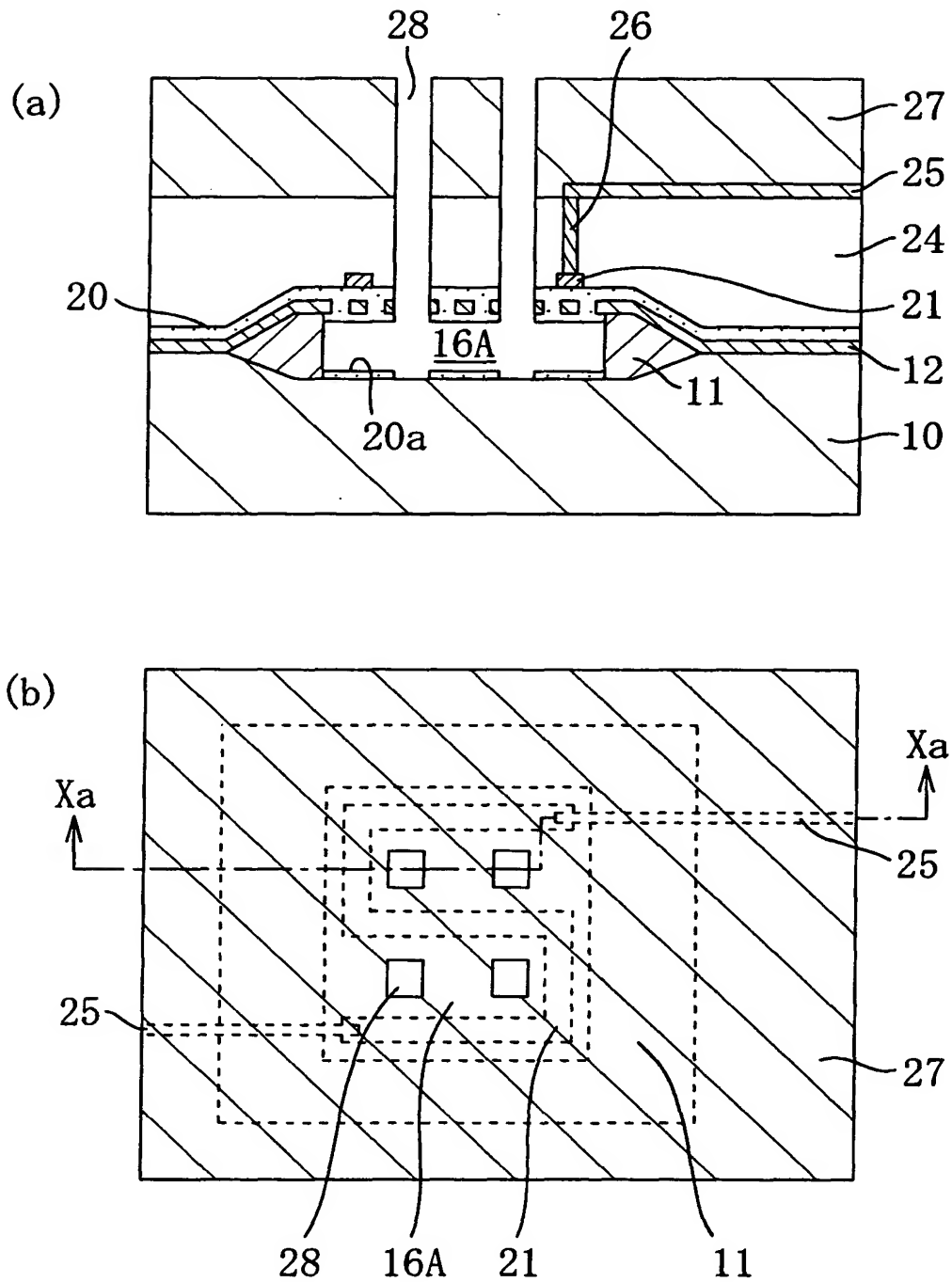
【図 8】



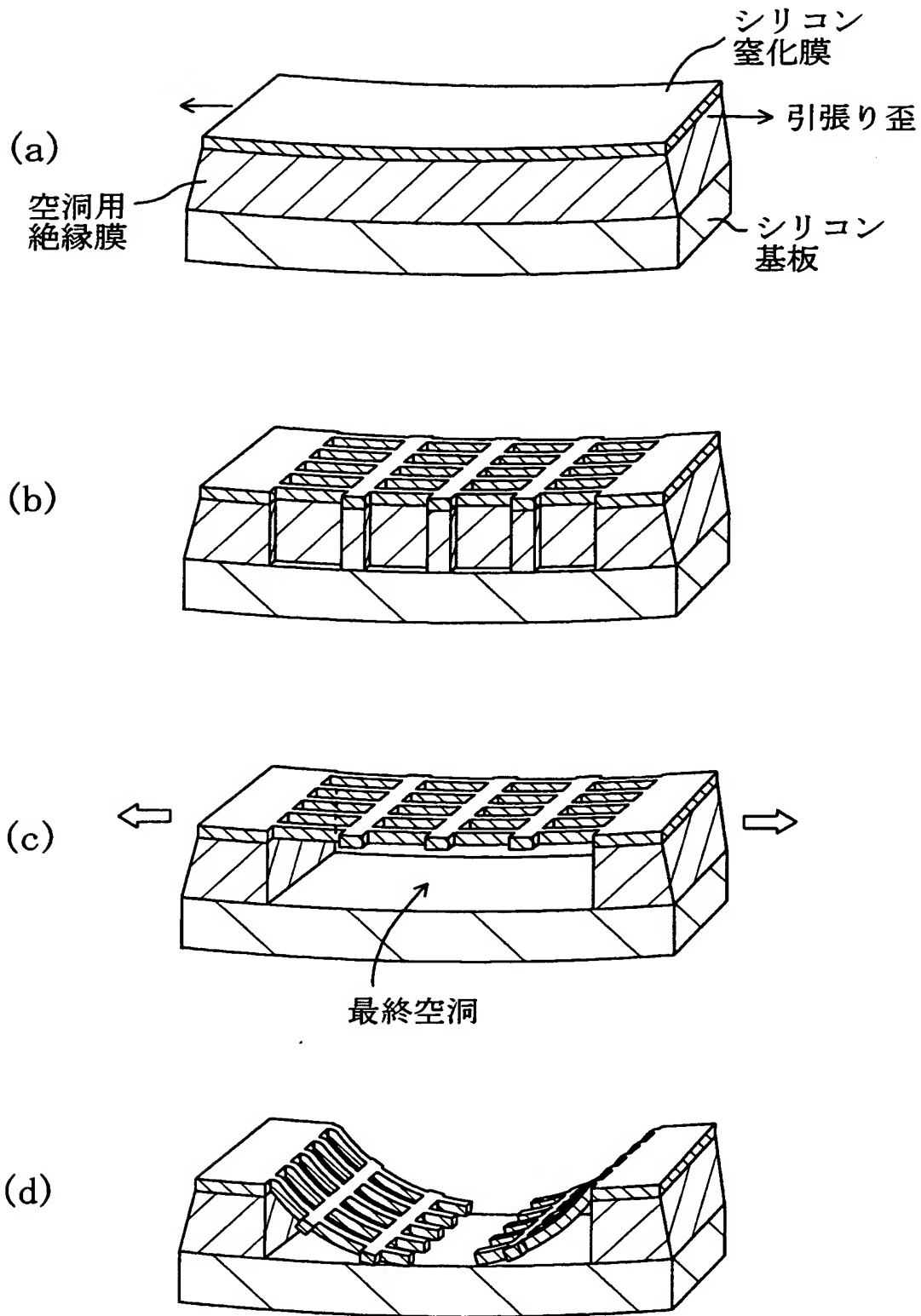
【图9】



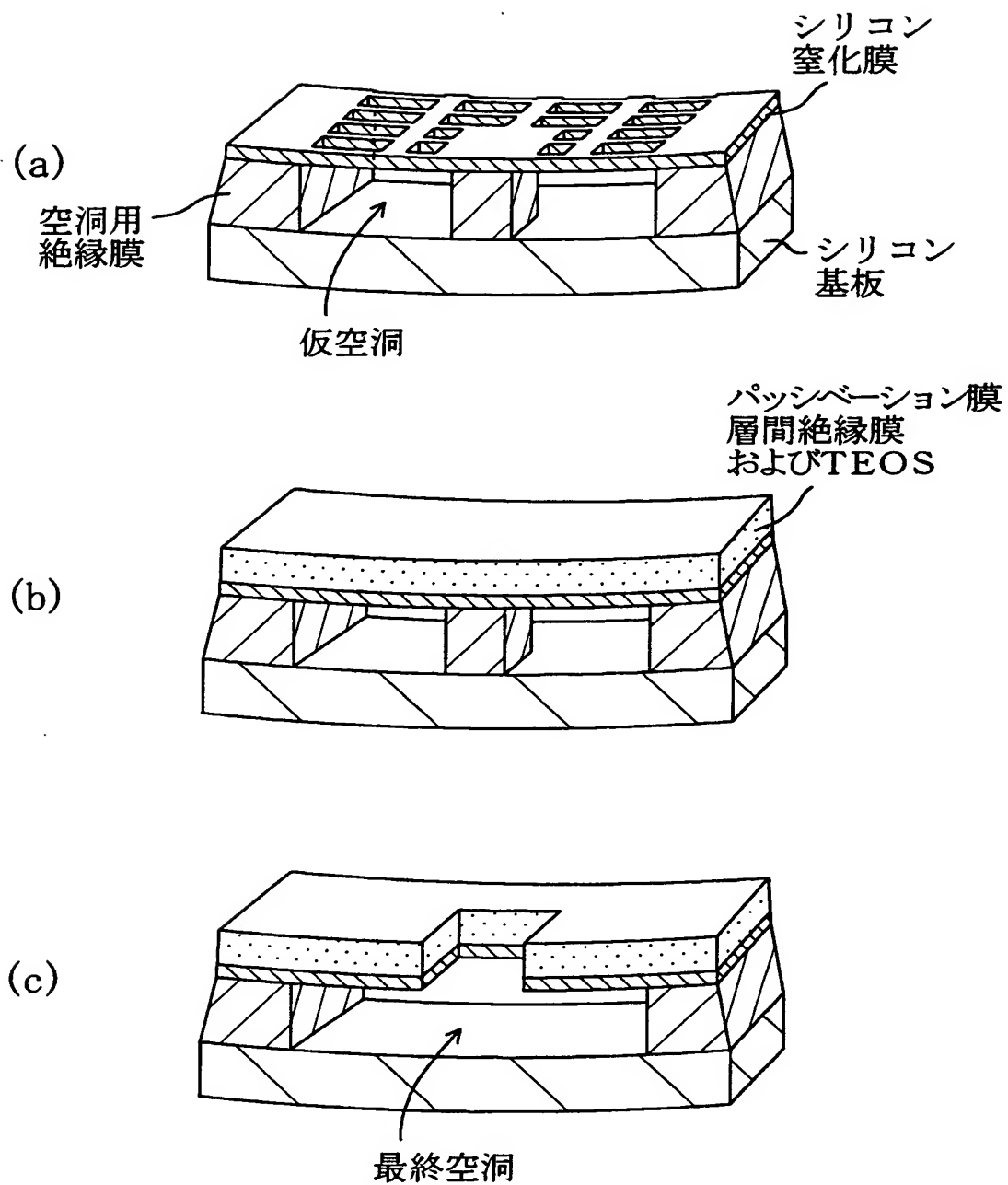
【図 10】



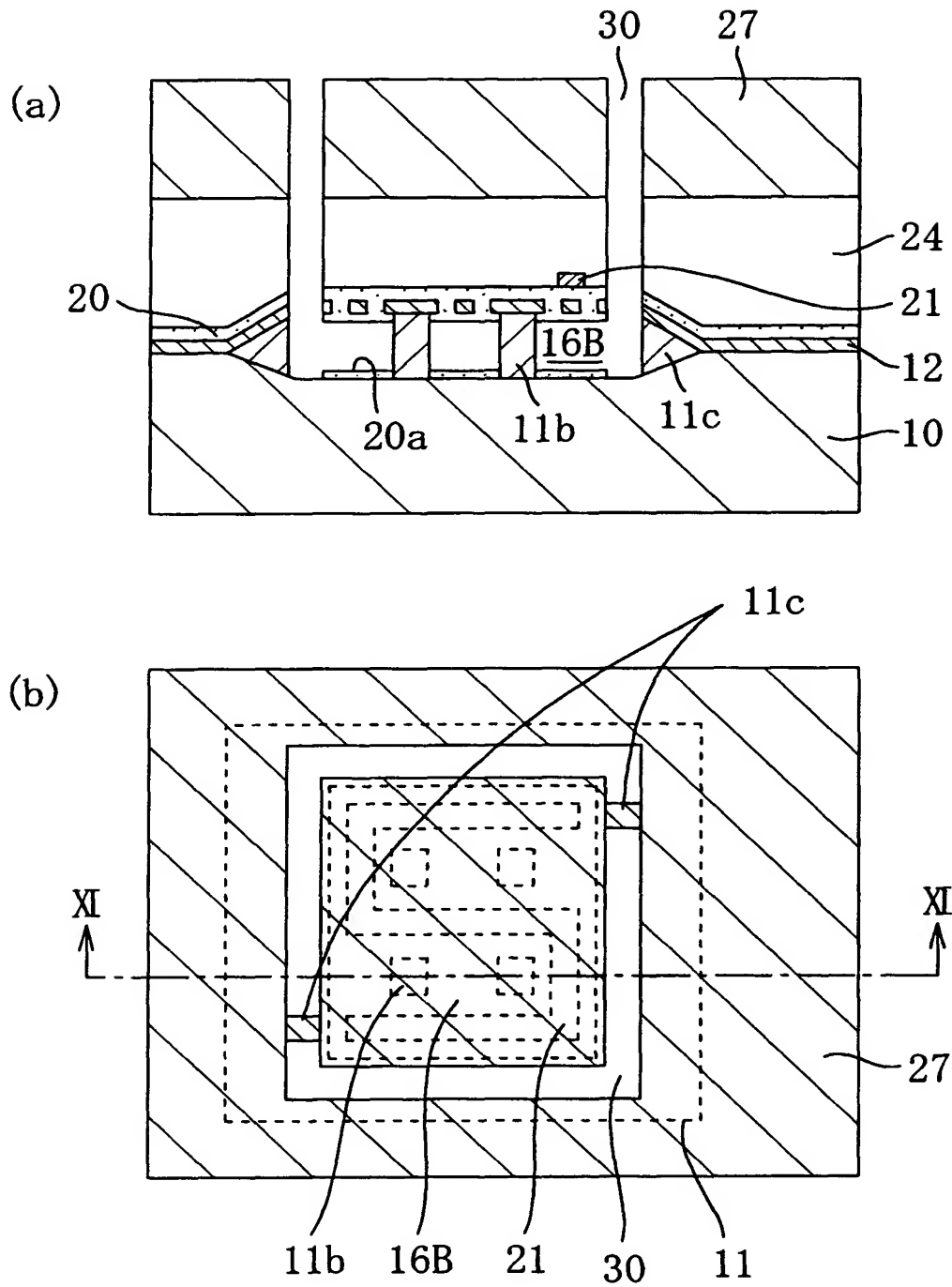
【図 1 1】



【図 1 2】

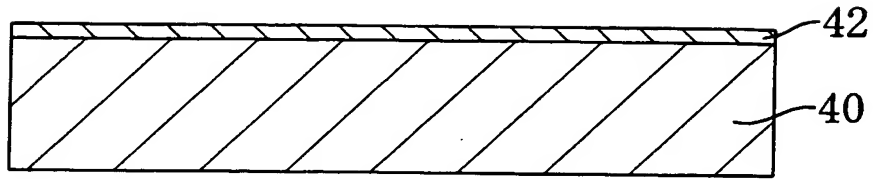


【図13】

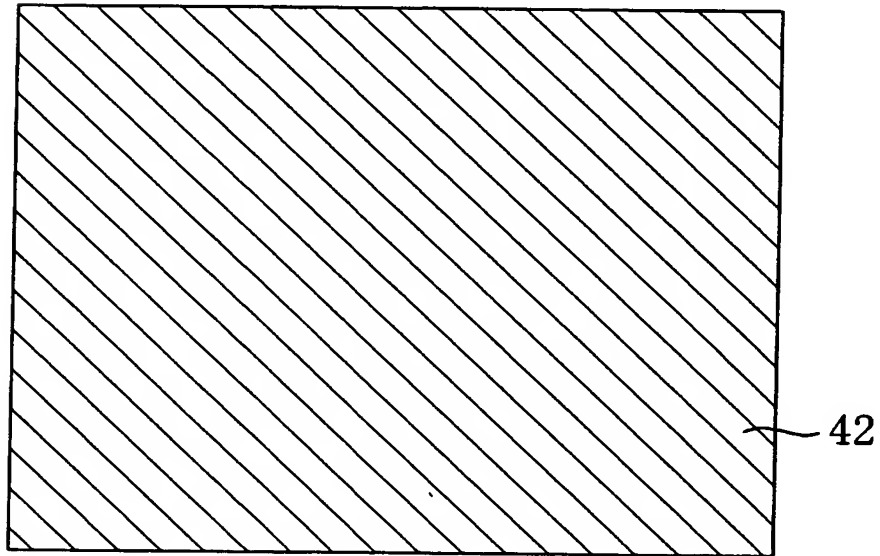


【図 1 4】

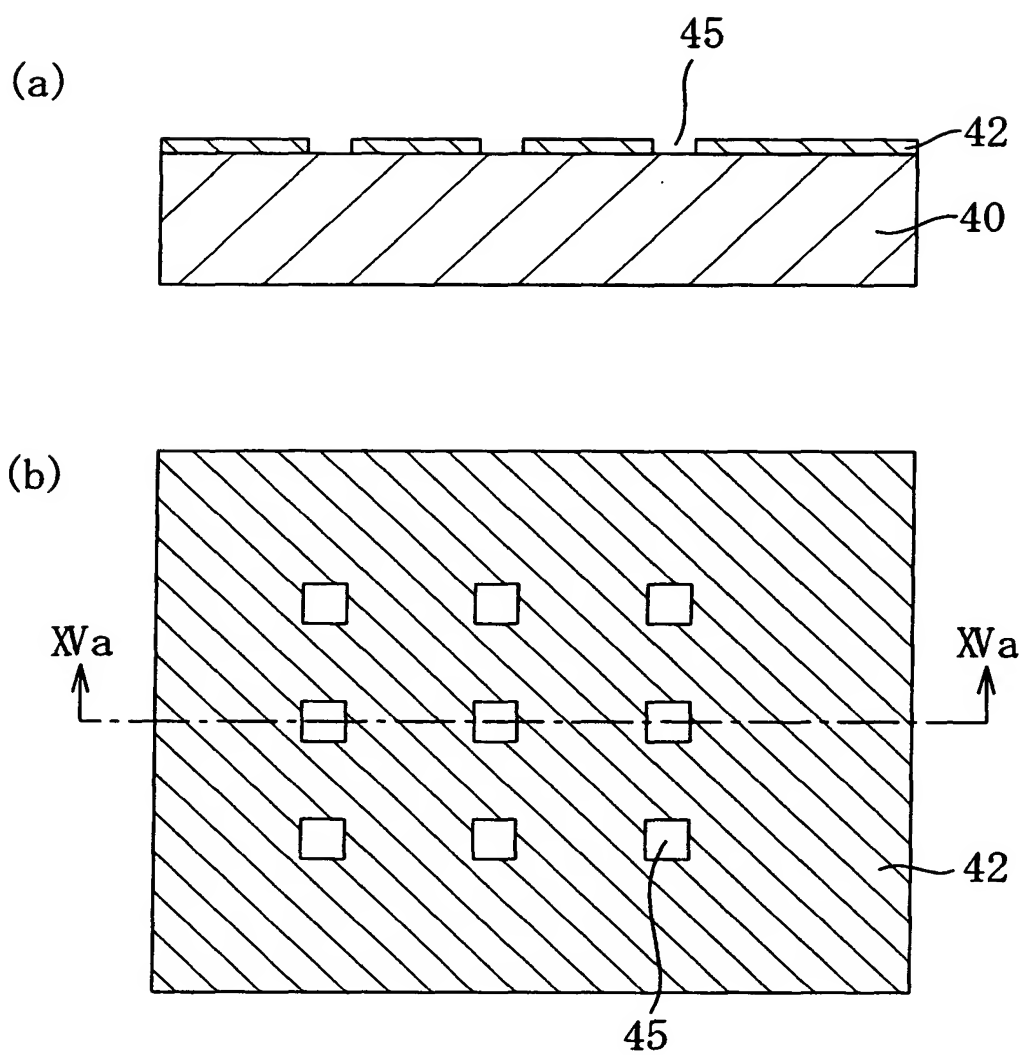
(a)



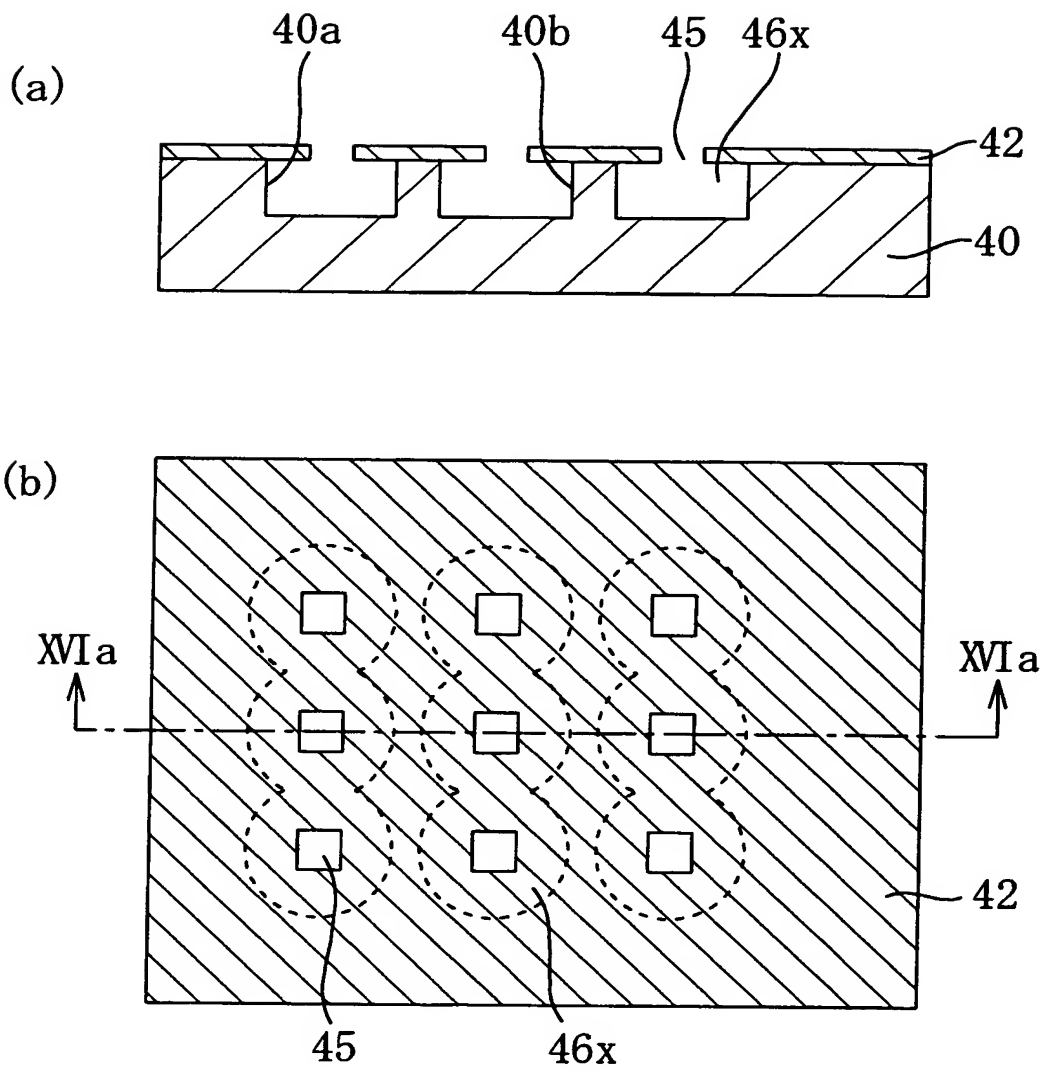
(b)



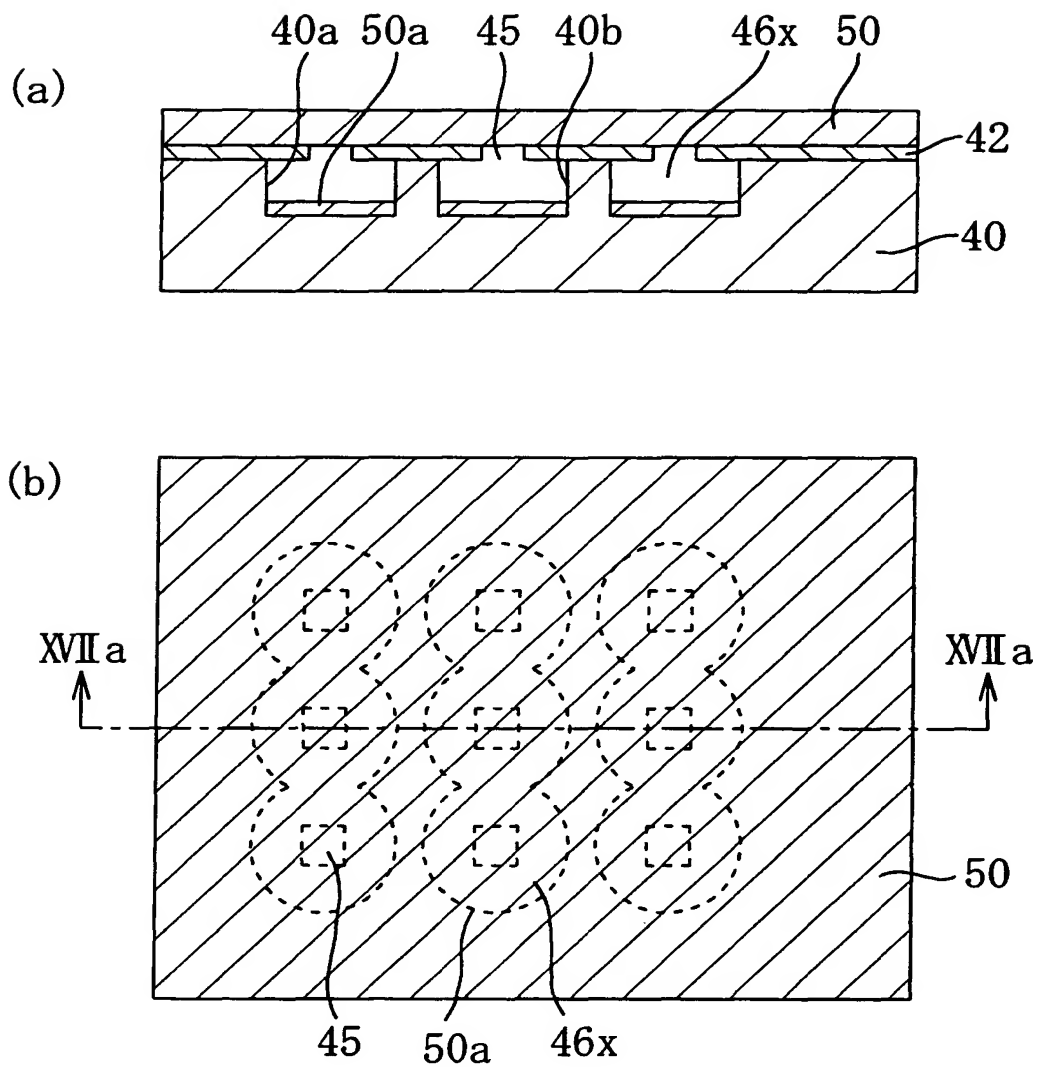
【図 1 5】



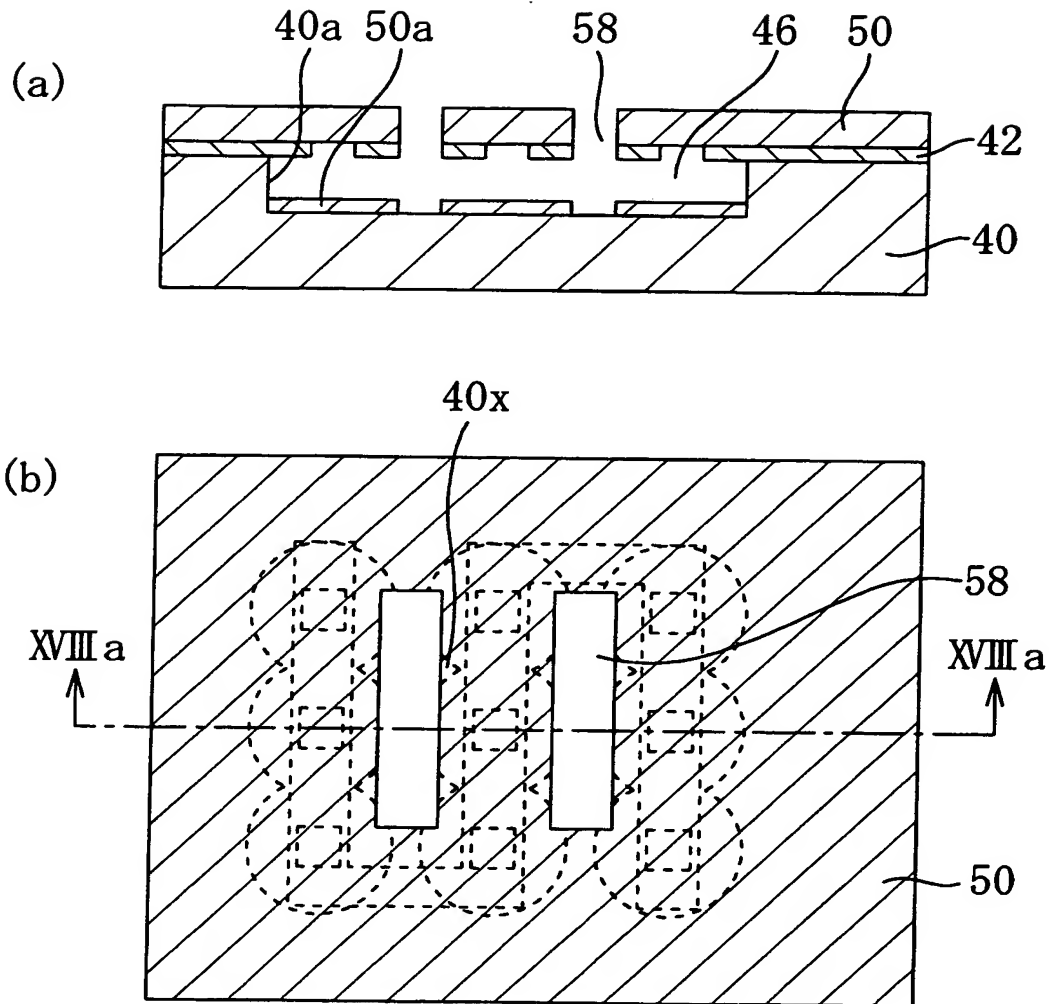
【図 1 6】



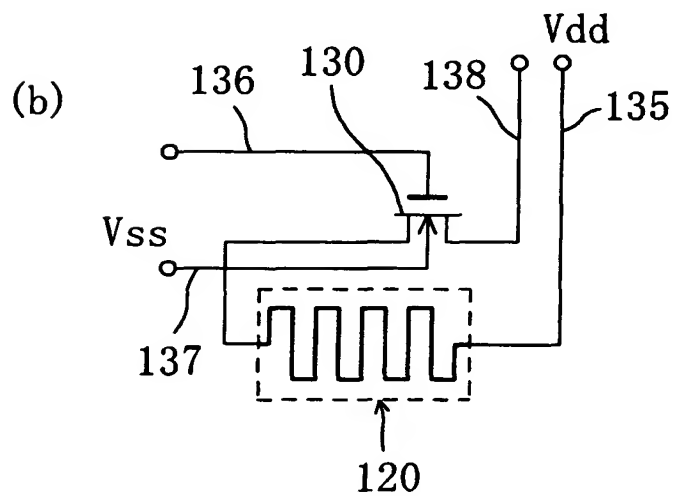
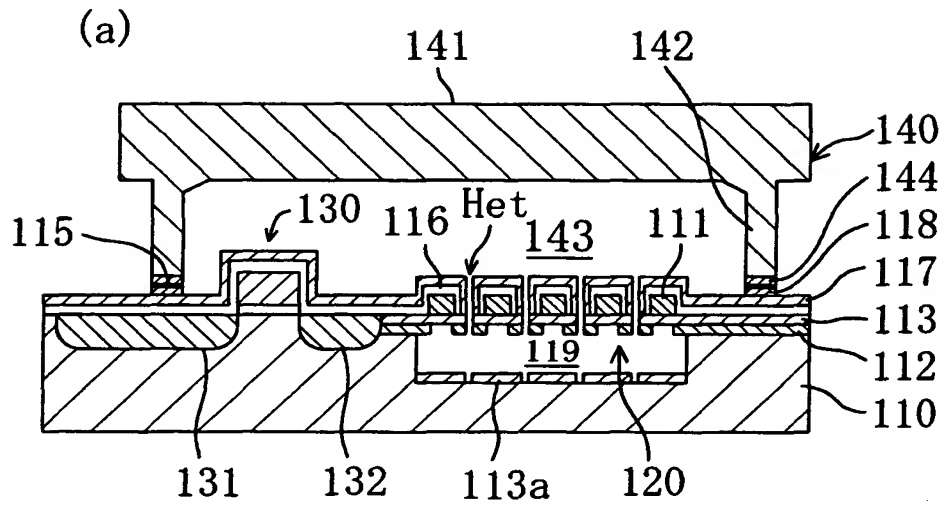
【図 1 7】



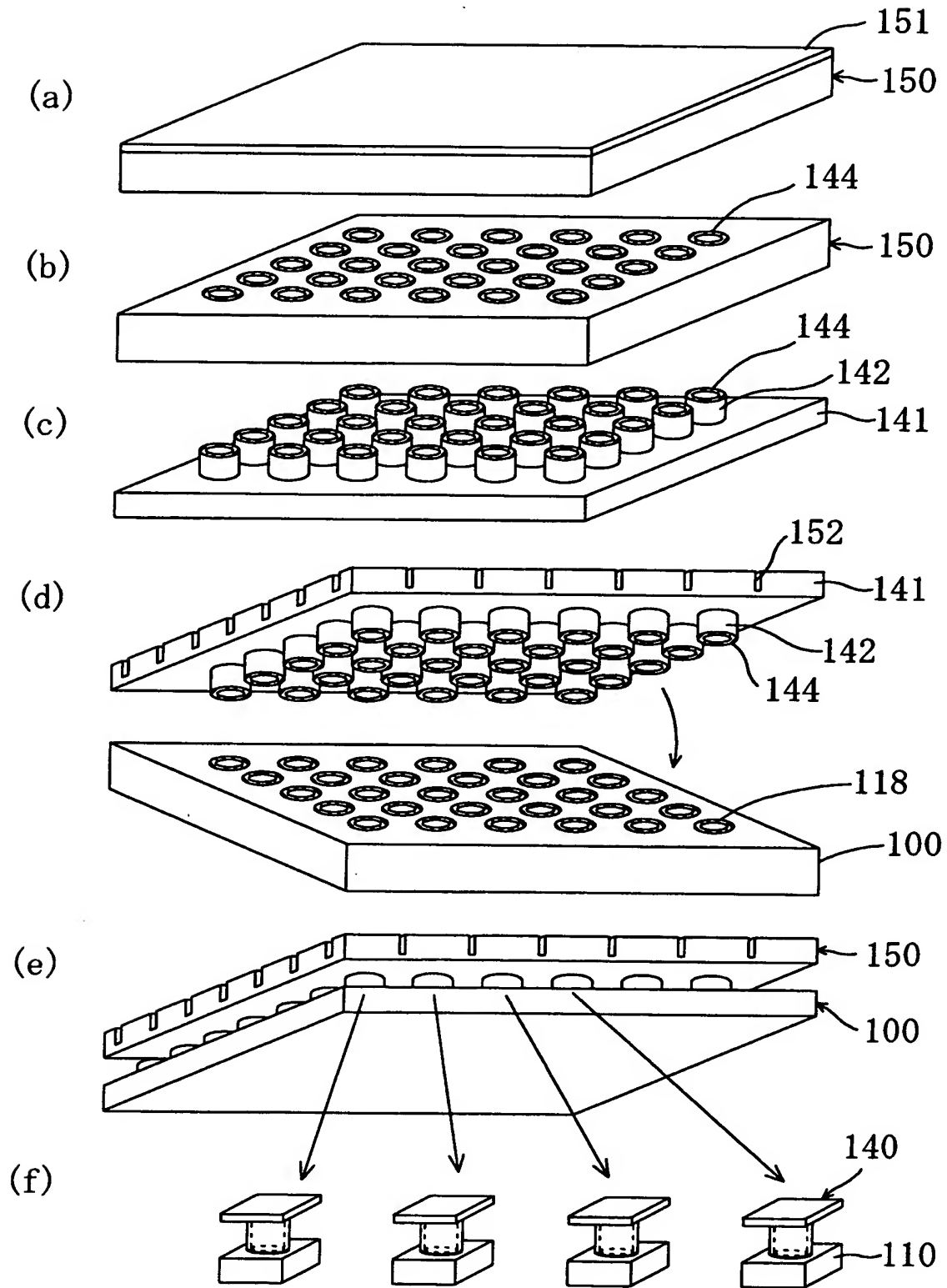
【図 1 8】



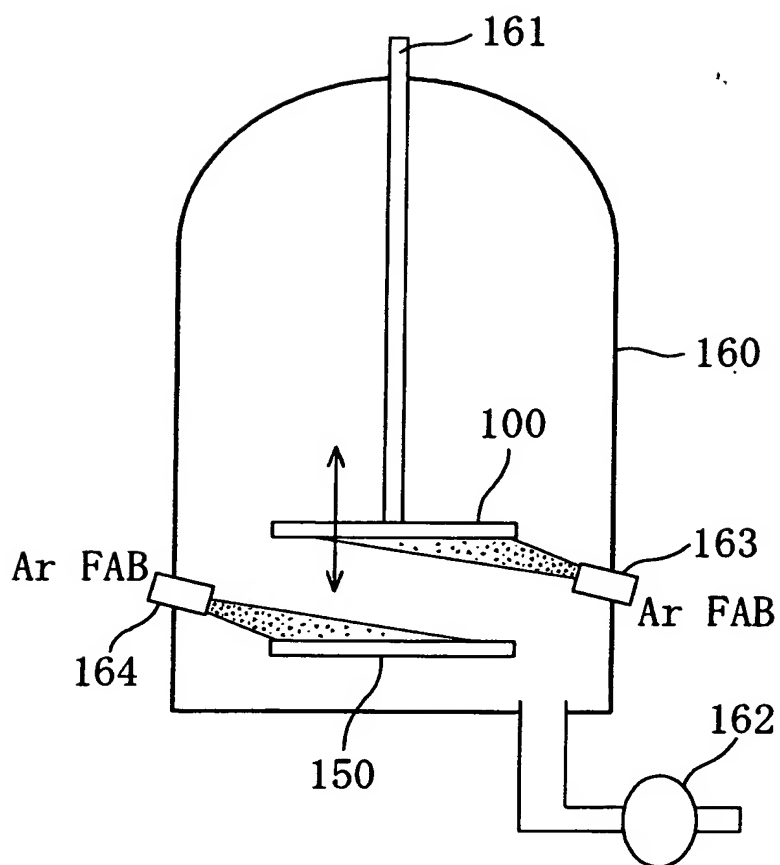
【図 19】



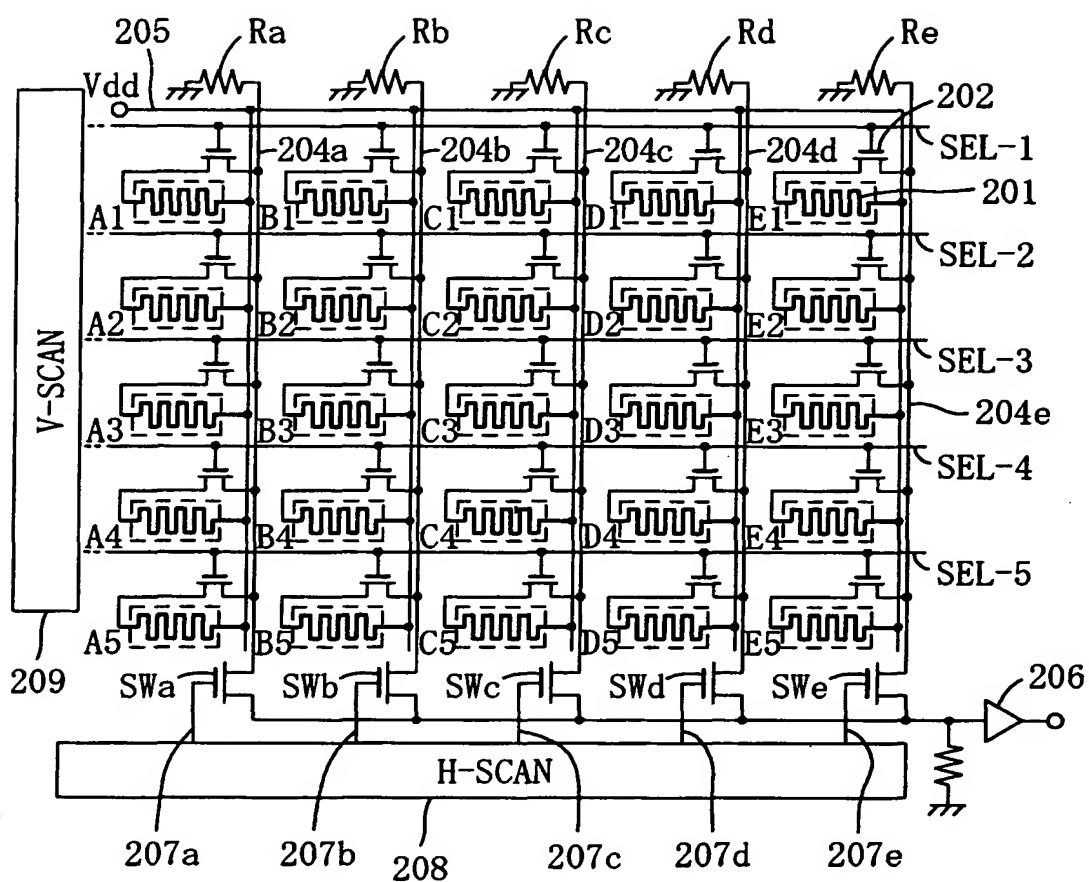
【図 20】



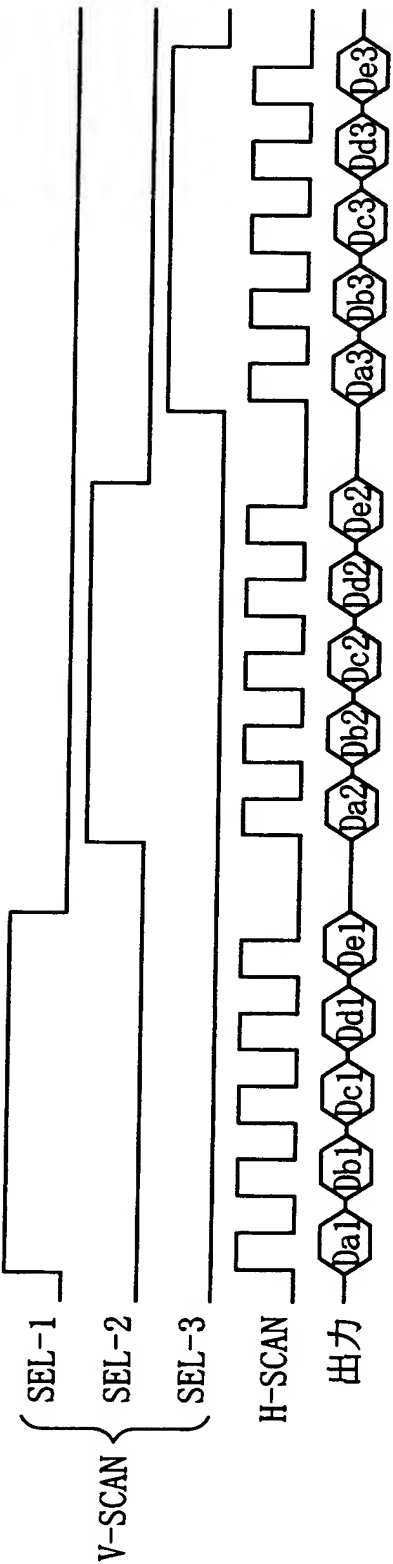
【図 2 1】



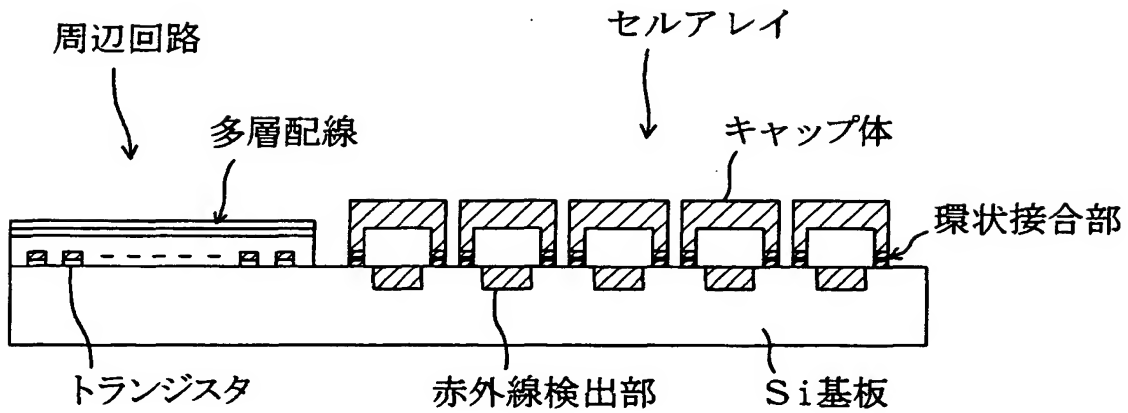
【図 2 2】



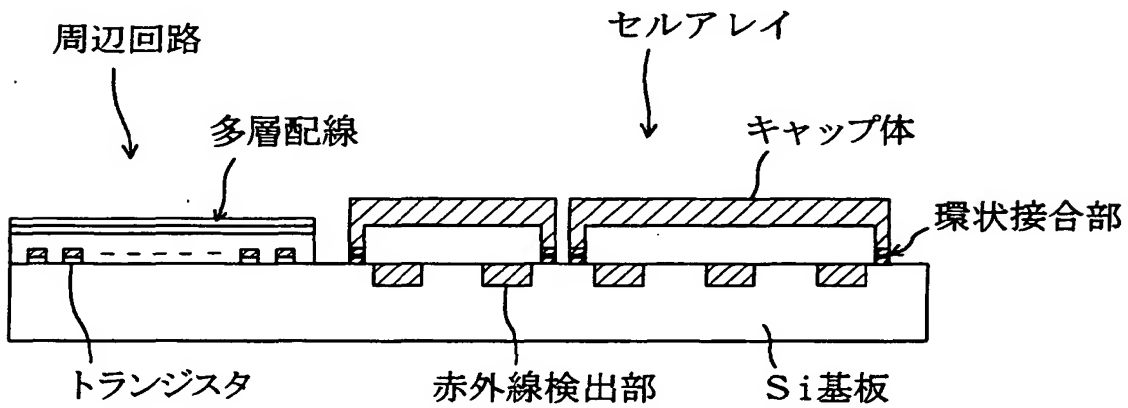
【 図 2 3 】



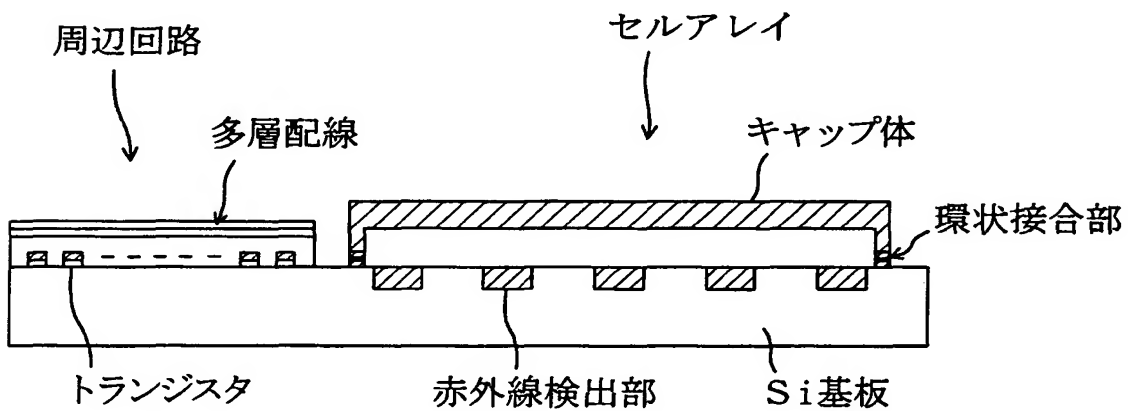
【図 2 4】



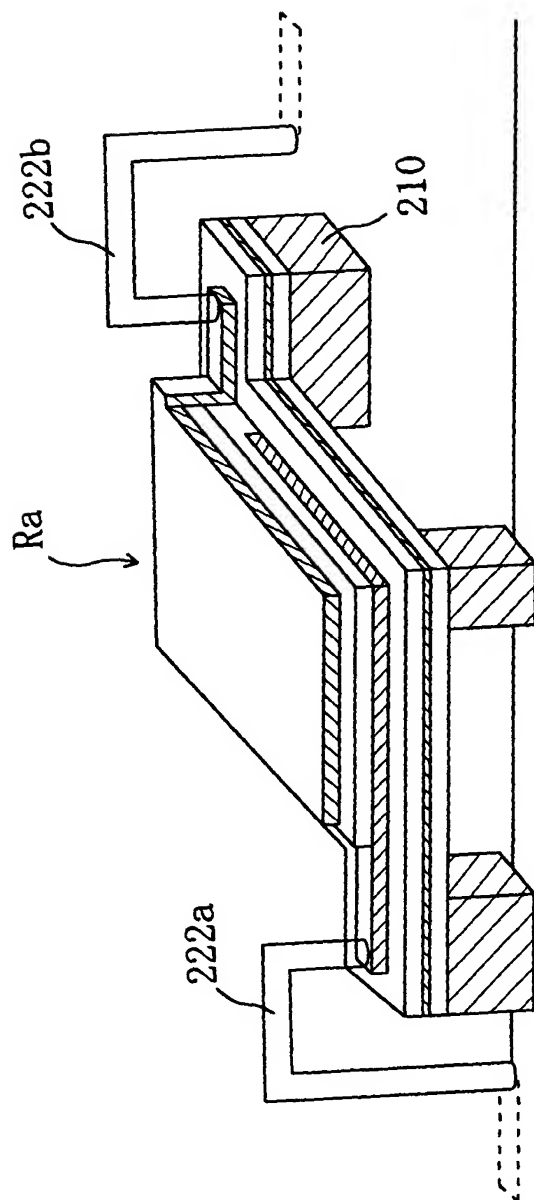
【図 2 5】



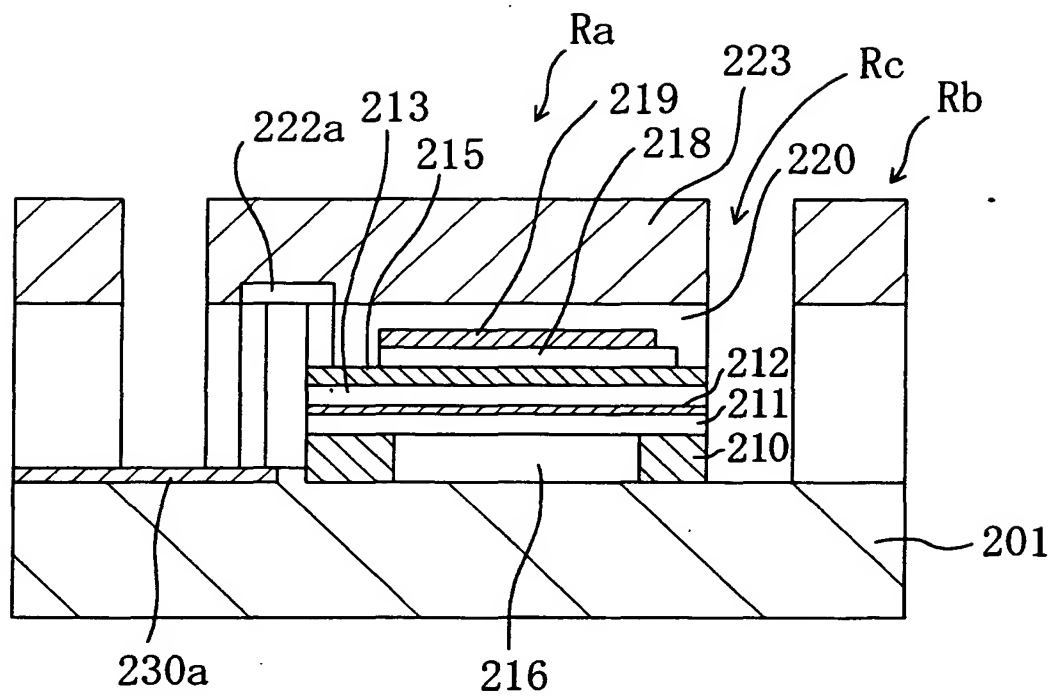
【図 2 6】



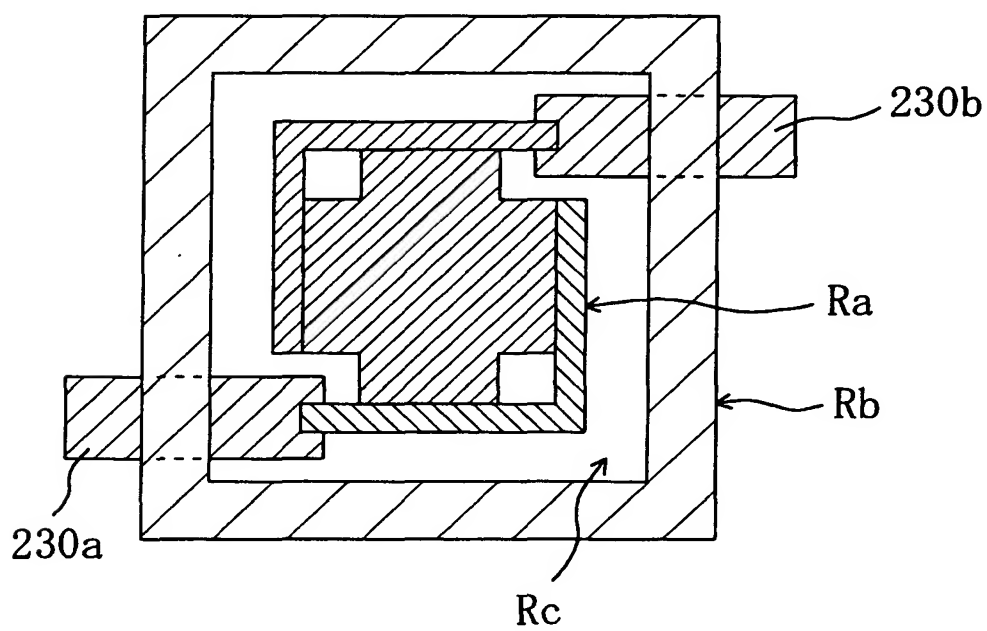
【図27】



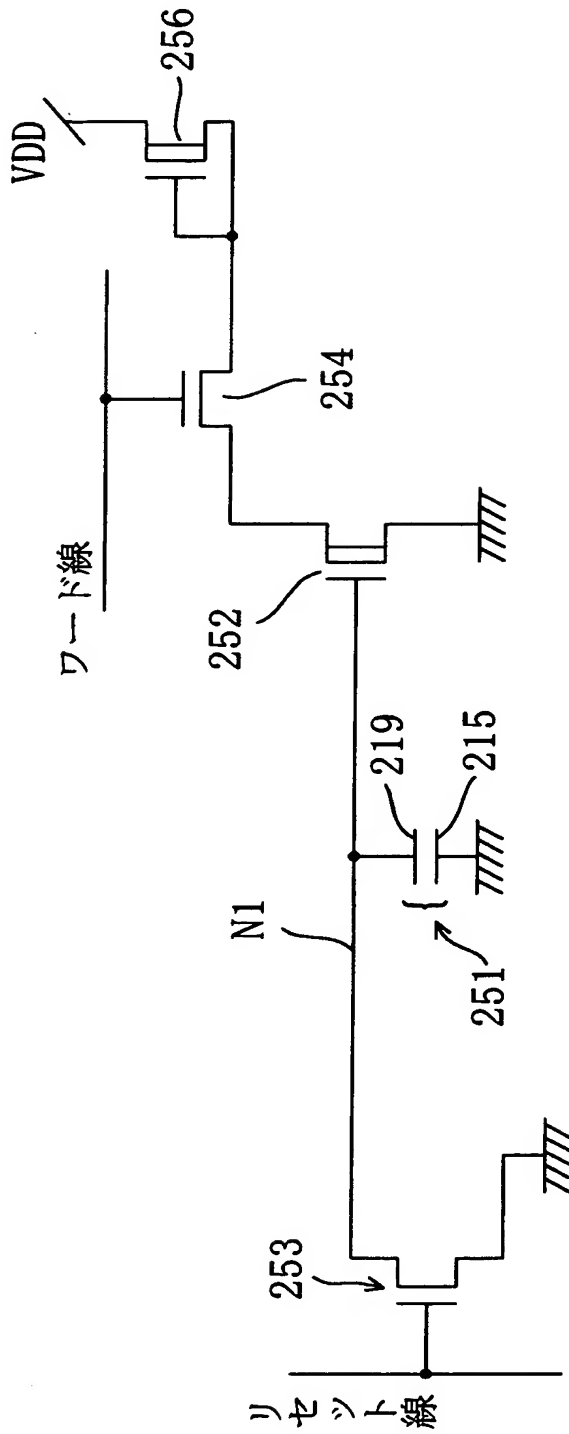
【図 28】



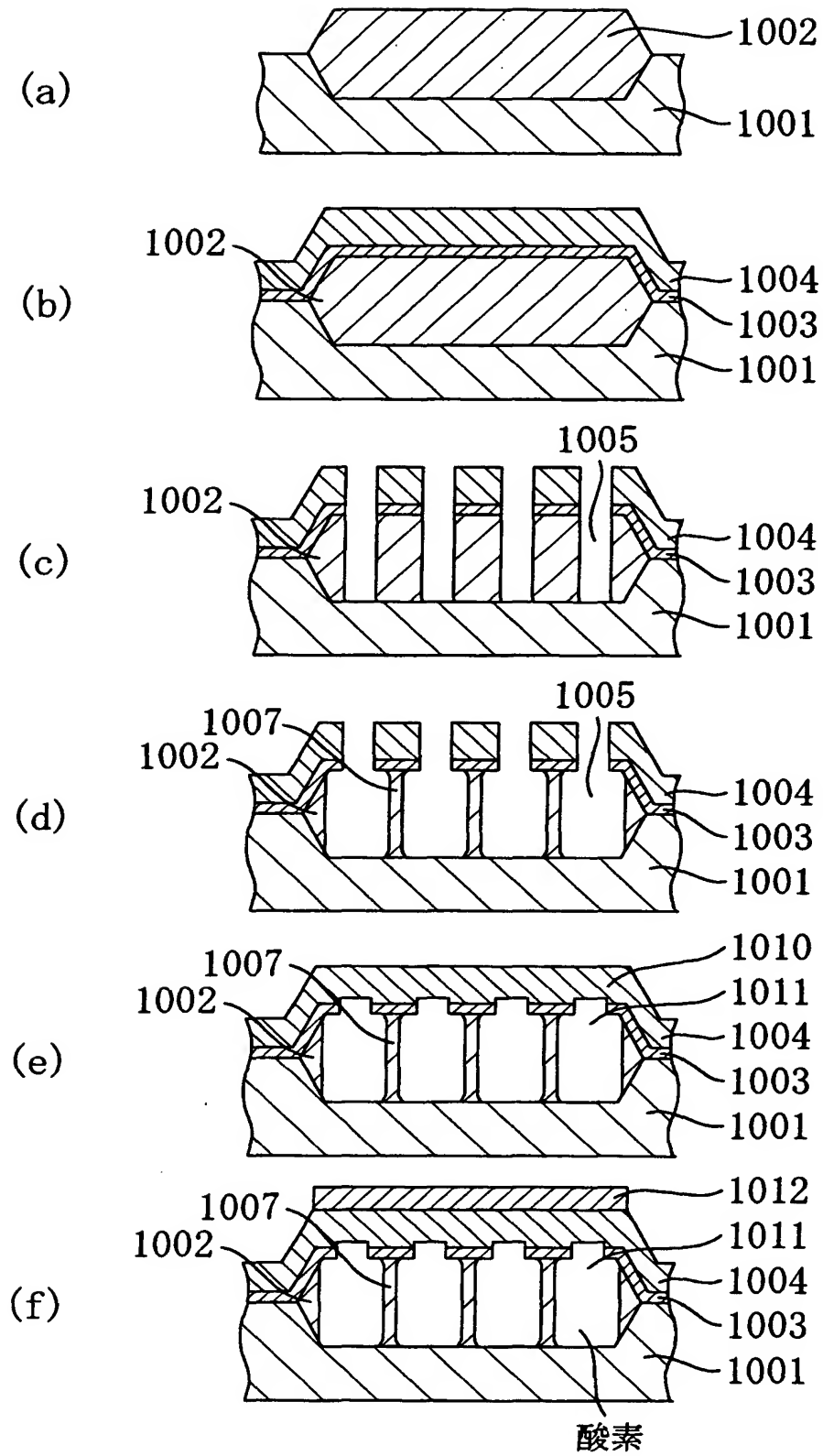
【図 29】



【図 3 0】



【図 31】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 空洞上にセンサ用膜を設けた電子デバイスの天井部の破断等を防止しつつ、感度の高いセンサを有する電子デバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】 シリコン基板 1 0 に L O C O S 膜からなる空洞用絶縁膜 1 1 を形成し、空洞用絶縁膜 1 1 の上にエッチングストッパー膜となるシリコン窒化膜 1 2 を形成する。シリコン窒化膜 1 2 に空洞形成用開口 1 5 を形成した後、ドライエッチングとウェットエッチングにより、柱 1 1 b を残した仮空洞 1 6 x を形成する。化学的気相成長膜であるシリコン酸化膜 1 0 により、シリコン窒化膜の開口を塞ぐ。これにより、低温での処理を可能として、空洞の天井部の破断等を回避する。その後、ボロメータ用抵抗体、層間絶縁膜、保護用絶縁膜などを堆積した後、ドライエッチングにより、柱 1 1 b を除去する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名 松下電器産業株式会社